الباب الثانى
اجزاء جسم الاسماك ووظائفها

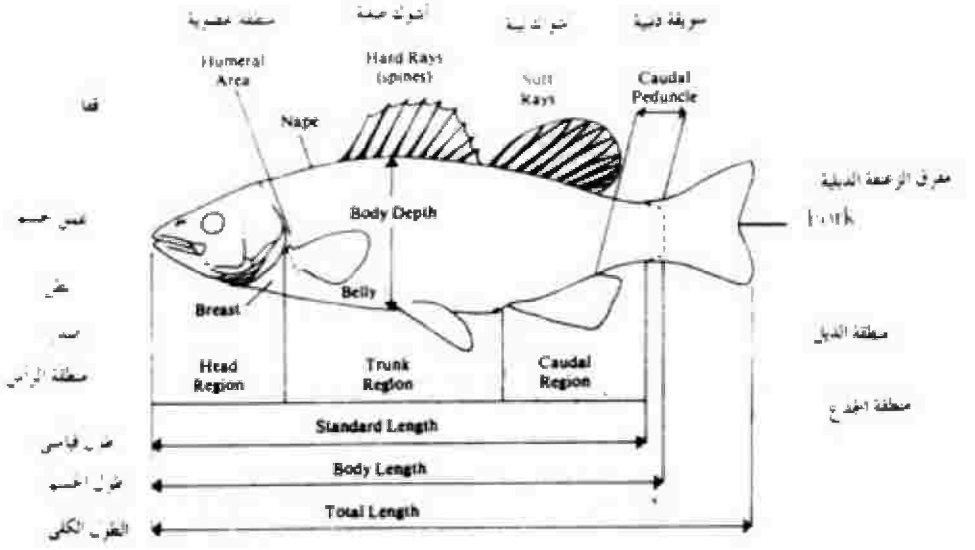
الفصل الأول
الشكل الخارجي والجلد والحواس والأعصاب

يختلف **شكل الجسم** للأسماك كثيرا ، فبعض الأسماك قد لايتعدى عدة مليمترات والبعض الآخر قد يصل طوله إلى عدة أمتار ، وبعض الأسماك ذات جسم نحيل انسيابى ، وغيرها ذات أجسام غليظة ثقيلة متسعه ، وأخرى طويلة اسطوانية أو مضغوطة الجانبين . ويتركب جسم السمكة أساسا من ثلاثة أجزاء أو مناطق هى : الرأس Head والجذع Trunk والذيل Cauda ، والمنطقة الأولى تمتد إلى حافة غطاء الخياشيم Gill Cover (Opercle) الخلفية ، بينما الجذع محصور بين حافة الغطاء الخيشومى وفتحة الشرج Anus ، بينما الذيل هو المنطقة التى خلف فتحة الشرج وحتى الزعنفة الذيلية . وتختلف نسب أجزاء الجسم بشدة ، فبعض الأسماك لها رأس كبيرة عريضة وأجسام صغيرة ، بينما البعض الآخر رأسه صغيرة وجسمه متسع .

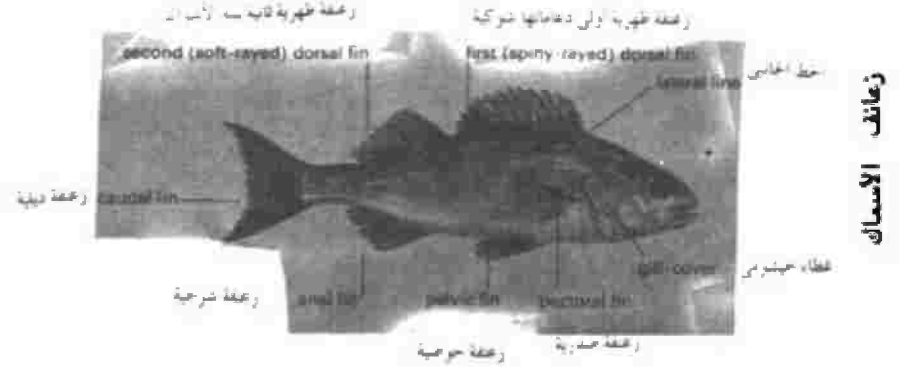
وللأسماك أنواع عديدة من **الزعانف** والتى يكون عادة تركيبها غشائى شعاعى أو شوكى ، والتى تكون أشواكها أو دعاماتها إما لينة أو صلبة ، وإذا كانت الدعامات لينة فتكون نحيلة مرنة التركيب مفصلية تنشق أو تتفرع عند أطرافها الخارجية ، أما الأشواك الحقيقية True Spines فتكون صلبة وحادة النهايات ولايظهر تركيبا مفصليا . والزعانف إما فردية (ظهرية وذيلية وشرجية) أو مزدوجة (صدرية وحوضية) ، وقد توجد زعنفة شحمية فردية عديمة الأشواك . وتختلف أشكال الزعانف (خاصة الظهرية والذيلية) وأعدادها وأماكنها .

ويغطى جسم الأسماك عادة **بالقشور** Scales التى قد تكون أحيانا صغيرة لاترى ، وقد يتعرى قليل من الأسماك من القشور كليا أو جزئيا . وتختلف أشكال القشور ، فمعظم الأسماك العظمية البسيطة لها قشور صلبة ذات أشكال معينة Rhomboid أو ماسية Diamond . وهناك نوعان أخران متطوران من نفس القشور يوجدان فى الأسماك العظمية الأرقى ، هما القشور الناعمة البسيطة الدائرية (قرصية) Cycloid Type والقشور العُرفية (مشطية) Ctenoid Scales (شبه العُرف) ذات أشواك صغيرة تغطى الجزء الظاهر من القشور ، وكل قشرة عبارة عن قرص مستدير عظمى مغطى من الجهة الظاهرية بجلد رقيق جداً ، وتتكون القشرة من حلقات مركزية عظمية .

وجلد السمك يختلف عن جلود الحيوانات الأخرى فى غياب الطبقة القرنية الحقيقية Typical Stratum Corneum ، وفى وجود الغدد أحادية الخلية Unicellular Glands فى طبقة البشرة Epidermis ، ووجود القشور على طبقة الأدمة Dermis . فطبقة القرنية تمنع فقد الماء ، فهى تطور موائم للحياة فى الهواء . والغُدد وحيدة الخلية لسهولة نقل إفرازها لعدم وجود طبقة خلايا ميتة تمنع الإفراز من

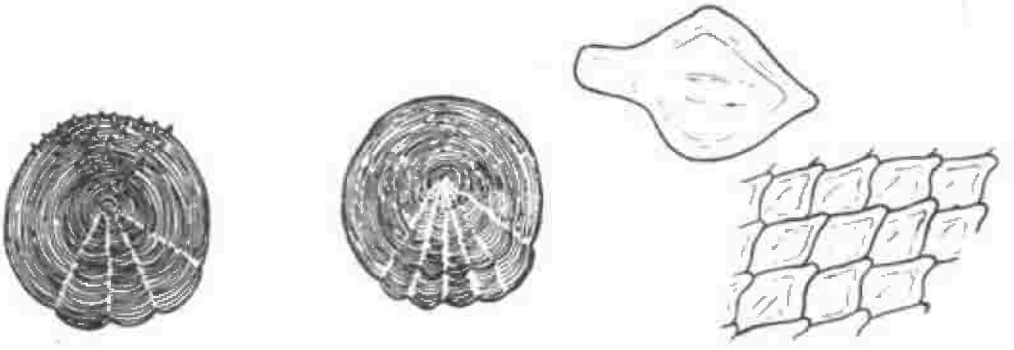


أجزاء وأطوال جسم السمك



زعانف الأسماك

وصوله إلى السطح ، وتكون هذه الغدد حبيبات مخاطية تخرج إلى السطح ، وتنتشر هذه الغدد الجلدية فى الأسماك التي فقدت القدرة على إنماء قشور . وللأسماك كذلك غدد عديدة الخلايا في طبقة البشرة والتى تتحور فى الأسماك العظمية للماء العميق خاصة لتؤدى وظيفة أعضاء انبعاث للضوء Light-Emitting Organs ، وينمو هذه الغدد تفزو الأدمة كذلك . وقد تكون قاعدة الغدة مكونة من خلايا مضيئة ، بينما الجزء السطحى يتكون من خلايا مخاطية تعمل كعدسة مكبرة ، وحول قاعدة الغدة فى الأدمة يوجد تجويف دموى وتركيز كبير من الخلايا الملونة ، وهذا الضوء ليس شديداً لكنه قد يكون متعدد الألوان . وتعمل الغدد



قشور عرفية مسننة (منشطة)　　قشور دائرية بسيطة　　قشور صلبة (معظمة)

قشور الأسماك

المخاطية على حفظ الجلد مغطى بالمخاط الذى يمنع عدوى الجلد البكتيرية والفطرية ، فهو وسيلة حماية للأسماك .

ومن الجلد تخرج قشور السمك التى تعتبر تحورات للدرع الأدمى العظمى ، فهى تخرج من أدمة الجلد وتشبه العظام في كونها مخزناً للكالسيوم في الأسماك العظمية ، فالقشور أدمية ، بينما تعمل طبقة بشرة الجلد على توجيه القشور الخارجة من الأدمة . والقشرة لها صفيحة قاعدية منغمسة في الأدمة ، وكذلك لها شوكة متجهة إلى الذيل خلال البشرة ، وتتصل عظام الصفيحة القاعدية بالأدمة بواسطة نسيج ضام ، وتتكون الشوكة من جزء عظمى مستمر من الصفيحة القاعدية مع تغطيتها من الطرف بالمينا Enamel وتحتوى على لب Pulp به الأوعية الدموية والنهايات العصبية والقنوات الليمفاوية .

وكما تستخدم أشكال جسم السمكة الخارجية وأشكال ومواضع الزعانف للتعرف على السمك ، فتستخدم كذلك **مقاييس الجسم** والقشور لنفس الغرض . ونظرا للاختلافات الفردية فى الحجم ، فإن المقاييس الأكثر استخداما هى المقاييس النسبية (وليست المطلقة) مثلا نسبة طول الرأس أو عمق الجسم إلى الطول القياسى . وعمق الجسم هو أكبر عمق يقاس فى خط مستقيم (بين السطح الظهرى والبطنى) بزاوية قائمة على الطول . والطول الكلى عبارة عن الخط المستقيم بين طرف الفك إلى الطرف النهائى لزعنفة الذيل ، وطول الجسم ينتهى عند قاعدة زعنفة الذيل ، بينما الطول المفرق Fork Length ينتهى عند مفرق زعنفة الذيل ، والطول القياسى ينتهى عند أخر فقرة يمكن تحديدها بثنى زعنفة الذيل . بينما يؤخذ عدد القشور فى الأجزاء المختلفة من الجسم كدليل ومرشد فى التعرف على الأسماك ، وأهمها عدد القشور فى الخط الجانبى للسمك فهو مقياس هام ، ولكل نوع من الأسماك مدى معين لعدد القشور .

اللـــون Colour :

تتباين ألوان الأسماك ليس فقط باختلاف الأنواع ، بل فى النوع والسمكة ذاتها ، مما يدعو إلى تدبر خلق الله سبحانه وتعالى ، إذ يقول جل شأنه : « وربك يخلق مايشاء ويختار ماكان لهم الخيرة سبحان الله وتعالى عما يشركون » (القصص : ٦٨) ، ويقول : « مرج البحرين يلتقيان بينهما برزخ لايبغيان . فبأى آلاء ربكما تكذبان . يخرج منهما اللؤلؤ والمرجان » (الرحمن :١٩-٢٢) ، فما أعظم ألوان الكائنات البحرية.

وقد يكون لألوان السمك وظائف أخرى غير جذب الهواة لاستخدامها كأسماك زينة ، خاصة أسماك المناطق الاستوائية الجذابة بألوانها وخطوطها ، إذ قد تكون وسيلة لمحاكاة البيئة والاختفاء عن الأعداء أو لفت الإنتباه ، أى قد يتغير اللون (ولايكون ثابتاً) حسب البيئة ومرحلة الحياة والسلوك .

وقد ينعدم اللون فى بعض أنواع الأسماك وكذلك فى اليرقات لحد كبير . ويرجع اللون لاحتواء الجلد على خلايا حاملة للصبغات Chromatophores وأخرى تعمل على إنعكاس الضوء وإنكساره . وتسمى حاملات الصبغات طبقا للون صبغتها ، فهناك الصبغة السوداء الراجعة للميلانية فى حاملات الميلانين Melanophores ، والصبغة الحمراء التى سببها الكاروتين والبنزيدين فى الحاملات الحمراء Erythrophores والصبغة الصفراء الزانثينية فى الحاملات الصفراء Xanthophores ، والصبغة البيضاء البيورينية أو عديمة اللون الجوانينية فى الحاملات البيضاء Leucophores ، والحاملات القزحية Iridophores .

ويرجع تغير اللون إلى حركة الصبغات وزيادة أو نقصان عدد حاملات الصبغات ويتحكم فى لون السمك وتغييره تأثيرات تعمل على التنبيه العصبى والهرمونى . إذ تلعب الغدة النخامية دوراً فى اللون بإفرازها هرمونا منشطا لحاملات الميلانين Melanocyte-Stimulating Hormone (MSH) ويعمل على إنتشار الصبغة واللون الأسود .

ويعمل هرمون الأدرينالين وهرمون الميلاتونين Melatonin (المفرز من الجسم الصنوبرى) على تركيز صبغة الميلانين كذلك . فاللون يميز القطعان عن بعضها فهو مفيد فى حياة السمك الاجتماعية وعدم شرود بعض الأسماك ، ويساعد الأسماك على الاختفاء من أعدائها والحماية منها ، أو يساعد على جذب الجنس الآخر للتزاوج ، وباللون تميز المفترسات الأنواع السامة والخطرة من ذوى الألوان الباهرة ، وباللون يسمح لبعض الأسماك الملونة أن تقترب من الأسماك الأخرى لتنظيف الأخيرة من الطفيليات الخارجية ، وألوان السمك التى تحاكى خلفية بيئتها تمكنها من سهولة الحصول على غذائها ، أو أن ألوان السمك الجذابة تقرب الفريسة منها فتسهل التغذية .

الرؤية Sight :

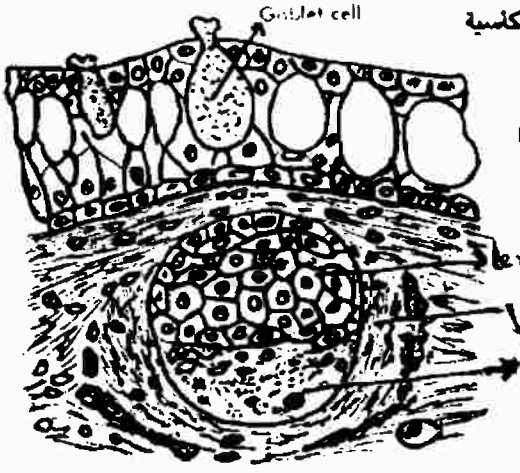
بعض الأسماك التى تعوم على سطح الماء ربما يكون لعيونها عدستان ، إحداهما للرؤية الهوائية والأخرى للرؤية فى الماء ، وذلك كما فى المبروك المسنن فله عيون تبدو للناظر أنها أربعة عيون لكنها فى

الواقع عينان منقسمتان عرضيا إلى قسمين منفصلين ، النصف العلوى منهما يستخدم للرؤية فى الهواء والنصف السفلى للرؤية فى الماء ، ولهذه الأسماك عدسة واحدة فى كل عين ، نصفها الأعلى رقيق والسفلى سميك ، ولعدم وجود غدد دمعية فإنها تضطر إلى أن تغمس عينيها فى الماء بين الحين والآخر لتقيها من الجفاف ، إذ تقضى السمكة هذه وقتها سابحة عند سطح الماء بحيث يكون الجزء العلوى من العين فوق سطح الماء لتراقب الطيور المائية . بينما الجزء السفلى يساعدها فى البحث عن الماء .

وهناك أسماك تنقسم عيونها طوليا . وهناك أسماك أخرى لها أربعة عيون منفصلة ، إذ يقع أسفل العينين الأساسيتين عينان صغيرتان لهما شبكيات منفصلة وتوجه بصرها لأسفل . وتحتوى شبكية عيون الأسماك المالحة على صبغة الروبسين Rhodopsin ، بينما شبكية الأسماك العذبة بها صبغة البورفيروبسين Porphyropsin ، والصبغة الأولى بها ريتينال ٢ من فيتامين (A_2) والثانية تحتوى ريتينال ١ من فيتامين (A_1) . وهذه المستقبلات للألوان متباينة فى أقصى موجات امتصاصها (٤٢٥ - ٦٧٥ نانومتر فى المبروك) . وتزداد حساسية العين للضوء فى الأسماك التى تعيش فى الأعماق .

الضوء Light :

قد تنتج الأسماك العظمية خاصة فى الماء المالح العميق (ونادرا فى الماء العذب) نوعا من الضوء Bioluminescence ، وذلك بإفراز مواد مضيئة نتيجة لمس الأسماك أو إثارتها ضوئيا ، كما أن حقن الأسماك بالأدرينالين يجعلها تنشط ضوئيا . وتخضع أعضاء الإضاءة كذلك لتحكم عصبى . والإضاءة الفوسفورية هذه عبارة عن ناتج عمليات كيماوية تتم فى الأعضاء العاملة للضوء Photophores بفعل إنزيم ليوسفريز Luciferase على مادة ليوسيفرين Luciferin فى وجود كل من ATP والأكسجين . وأعضاء الإضاءة الذاتية تنتشر فى حوالى ٤٢ عائلة سمكية على الأقل ، وتنتشر فى أجزاء مختلفة من الجسم ، وقد تشع ضوءها بانتظام واستمرار أو تتحكم فيه من حيث الشدة والاستمرارية . وقد يكون لعضو الضوء تأثير فى التجاذب للتزاوج ، أو أن يكون نظام الضوء محاكيا لكائنات البيئة فتكون وسيلة للتنكر والحماية من الأعداء ، وقد يفيد الضوء فى عملية الافتراس والتغذية أو فى تجنب المفترسات وفى الاتصال الجماعى .



الخاصة الكهربية Electricity :

توجد فى بعض الأسماك خاصة كهربية كما فى كراكى النيل فى غرب إفريقيا وسمك السكين فى أمريكا الجنوبية إضافة إلى أنواع عديدة كالشفانين والراية والثعبان الكهربى والقرموط الكهربى والرعاد أو الرعاش . وترجع هذه الحاسة لاحتواء هذه الأسماك على أعضاء كهربية فى مناطق كثيرة مثل الذيل أو الجذع أو الرأس أو بطول الجسم على الجانب أو على الجهة البطنية ، وقد يصل طول العضو الكهربى إلى ١.٥ متر كما فى ثعبان السمك الكهربى . وينتج هذا العضو الكهربى جهدا كهربيا لأغراض المقاومة والهجوم والافتراس ولأغراض ملاحية واجتماعية . وهذه الأعضاء الكهربية تتكون من عدد كبير من الأعمدة بين الجلد والعضلات ، وكل عمود يتصل بمساحات خلفية عبارة عن رقائق عديدة الحبيبات سمك الرقائق ١٠ – ١٠٠ ميكرومتر ، ويتصل بهذه الرقائق ألياف عصبية ، وهذه المساحات الخلفية غنية بإنزيم اسيتايل كولين استريز عالى النشاط . وهذه الأعمدة عبارة عن أعمدة جهد ، وكل عمود يحتوى حتى ٨٠٠٠ خلية كهربية تنتج حتى ٨٠٠ فولت ، أذ توجد الأعمدة متوازية مما يزيد شدة التيار .

ويتم تفريغ الشحنة الكهربية عادة بسرعة وثبات مما يؤدى إلى وجود حقل كهربى ضعيف حول الحيوان . ويعد طرف الذيل طرفا سالبا ، بينما طرف الرأس فهو يمثل الطرف الموجب . وبفعل توصيل الماء الذى تتواجد فيه الأسماك تتوقف شدة الحاسة الكهربية ، فإذا كانت قوة التوصيل كبيرة فيقوى التيار وينتقل الحقل الكهربى إلى داخل الأشياء ، وإن كانت بسيطة فيضعف الحقل الكهربى ويتشتت . ويتم تسجيل قوة الحقل الكهربى على مسطح جسم السمك بواسطة مستقبلات حساسة على الخطين الجانبين .

وتختلف الأسماك الكهربية فيما بينها من حيث الإشارات الكهربية ، وذلك باختلاف أشكال موجاتها وترددها وشكل حقولها الكهربية ، والتى قد تكون ضعيفة أو شديدة الكهربية (بجهد كهربى ٥٠ – ٨٠٠ فولت وشدة تيار ١ – ٥٠ أمبير) . والأسماك فى الماء العذب تنتج جهداً كهربيا عاليا ، بينما الأسماك البحرية تنتج شدة تيار أعلى .

والإشارات الكهربية تمكن من التحقق من الأشياء الميتة فى الوسط المحيط ، كما تخدم كوسيلة اتصال بين الأفراد ، كما تفيد فى موسم التكاثر إذ تقوم الذكور بتفريغ شحنة كهربية متقطعة بسيطة ومتكررة حول الإناث ، وفى أسماك أخرى تتعرف الذكور على نوع شحنة الإناث العائمة معها وترد عليها « بأغنية » لإغوائها ، وبعض الأسماك تطيل فترة انقطاع نشاطها الكهربى لتظهر إذلالها وخضوعها لتقلل من شراسة وهجوم أعدائها . وجود الخاصة الكهربية يحدث نوع من التكيف للحياة فى الماء العكر ، حيث يكون عمل العيون تحت هذه الظروف محدود ، ورغم ذلك تكون هذه الأسماك نشطة ليلا إذ تنشط المستقبلات الكهربية على أعصاب الخطوط الجانبية . والإشارات الكهربية لاتصل لأكثر من ١ – ١٠ أمتار . وبواسطتها يمكن أيضا تحديد المواقع أو الأبعاد .

وهناك أسماك تستقبل الكهرباء لاحتوائها على حويصلات حساسة كهربائيا تستجيب للجهد الكهربى الخارجى (وربما الداخلى كذلك) ، ويختلف حجم هذه الحويصلات فى الأسماك المختلفة ، كما تختلف درجة استقبال الكهرباء Electroreception . وخاصية استقبال الكهرباء ذات أهمية للأسماك ليلية النشاط ، والأسماك التى تعيش فى مياه عكرة أو فى الأعماق المظلمة ، ولهجرة الأسماك ، وفى عملية التناسل والحركة بين العوالم المختلفة والتغذية ، إذ تستطيع بعض أنواع القروش من تحديد موقع فريستها حتى لو كانت

مختفية أو مغطاه لعدم ظهور روائحها وذلك بفعل استقبال القروش لمجال الفريسة الكهربى ، بل أكثر من ذلك تستجيب بعض أسماك القرش لمجال كهربى من مصادر غير حية كالكابلات الكهربائية البحرية .

الإحساس بالحرارة Thermal Sense :

معظم الحيوانات متغيرة حرارة الجسم تبدأ فى التجمد إذا انخفضت درجة الحرارة عن الصفر المئوى ، ولايمكنها إعادة النمو إذا انخفضت درجة الحرارة عن ذلك إذ تصل إلى الموت بردا ، كما أنها إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى ٥٠°م فإن معظم الحيوانات تعانى من النفوق بالحرارة العالية التى يسبقها انخفاض شديد فى معدل الميتابوليزم وفى النشاط العام .

وتوجد فى الأسماك مستقبلات الحرارة ومستقبلات البرودة بجانب بعض ، وذلك فى شكل نهايات عصبية حرة فى الجلد ، وفى سمك المرجان نجد أن كل مسطح جسمه حساس للحرارة . وقد تدرك بعض الأسماك العظمية البحرية تغييرات فى درجة الحرارة تصل إلى ٠,٠٣ - ٠,٠٧°م ، وتدرك أسماك أخرى حدا من برودة الماء يبلغ ٢°م أى من ١٥ إلى ١٣°م أو من ٢٠ إلى ١٨°م .

الصوت Sound والجهاز السمعى Acoustic System :

تصدر الأسماك أصواتا متباينة باختلاف أنواع الأسماك . وينتشر الصوت فى الماء بسرعة حوالى ١٥٠٠ متر / ثانية ، وتختلف هذه السرعة باختلاف درجة حرارة الماء وملوحته . وينشأ الصوت أساسا من ذبذبة المثانة الهوائية ، أو قد ينشأ من احتكاك غطاء الخياشيم وفتحة الفم وتحرك الأجزاء الهيكلية ، أو من الحركة فى الماء وتغيير الاتجاه ، أو من عملية التغذية وطحن القشريات ، أو من الأسنان البلعومية والأسنان الفكية ، أو من التجشؤ . والأصوات الناتجة عن المثانة الهوائية تكون بفعل عضلات خاصة إما فى جدار المثانة الهوائية ذاتها أو فى جدار الجسم الملاصق للمثانة الهوائية ، وبانقباض هذه العضلات بشكل متكرر تتذبذب المثانة الهوائية محدثة للصوت . ويصل تردد هذا الصوت مابين ٤٠ - ٨٠٠٠ ذبذبة فى الثانية .

وقد يكون هدف الصوت إما الإنذار أو الهروب أو الدفاع أو كسلوك غزل من الذكر للأنثى عند التكاثر .

ولكبر كثافة الماء (حوالى ١٠٠٠ مرة قدر كثافة الهواء) فإنه لإحداث الصوت فى الماء يتطلب كمية كبيرة من الطاقة ، إلا أنه رغم ذلك ينتقل الصوت بسرعة عالية فى الماء (خمسة أمثال سرعته فى الهواء) ولايضعف بسرعة .

وجهاز السمع فى الأسماك يتركب من الأذن الداخلية وجهاز الخط الجانبى ، وإن كان كل منهما يختص باستقبال منبهات صوتية معينة . وهناك أسماك أكثر حساسية للأصوات من أسماك أخرى ، فالأسماك التى لها اتصال مابين المثانة الهوائية والأذن (كالقنوميات Cyprinidae والقراميط) ممثل فى تجميع الصوت بواسطة المثانة الغازية على عظيمات نسيجية وقناة أولية تتصل بالأذن الداخلية ، يعمل ذلك على تقوية السمع عنه فى الأسماك التى لاتتميز بهذا الاتصال ، إذ يعمل جدار المثانة كمكبر صوت Amplifier .

والحدود القصوى لسمع الأسماك تردده حوالى ١٠٠ إلى ٢٠٠٠ هرتز (والهرتز Hertz (Hz) وحدة قياس تردد الصوت أو عدد الموجات / ثانية ، وترجع تسميتها إلى عالم الطبيعة Heinrich Hertz 1857-1894) ، وإن كان هناك أسماك أخرى حدود سمعها القصوى تقع مابين ٣٠٠٠ إلى ١٣٠٠٠ هرتز (كما فى القرموط القزم) ، واضطراب مثانة العوم يخفض حدود السمع القصوى إلى ١٥٠٠ هرتز . وفيما يلى حدود سمع بعض الأسماك بالهرتز :

السمك	حدود السمع الدنيا	حدود السمع القصوى
ثعبان السمك	٣٦	٦٥٠
سمك المرجان	١٠٠	٣٠٠٠

وحساسية موجات سمع القرموط القزم تتماثل مع حساسية سمع الإنسان ، إلا أن هناك كثيرا من الأسماك حساسيتها السمعية أقل من ذلك . بينما جهاز الخط الجانبى تنبهه الترددات المنخفضة . وعموما فجهاز السمع فى الأسماك غير متطور ، كما قد لاتميز الأسماك مصدر الصوت واختلافاته لحد كبير . وإن كانت الحيتان تصدر موجات صوتية لتهتدى بها فى طريقها وتتردد هذه الموجات بمقدار ٢٠٠ ألف ذبذبة / ثانية ، والدلفين يصدر أمواجا صوتية فوق سمعية .

وجهاز الخط الجانبى Lateral Line System مجموعة تراكيب حسية Sensory Structures على منطقتى الجذع والذيل تتكون من صف خارجى من المسام تفتح فى قناة تحت الجلد تصل إليها نهايات حسية لفرع من العصب القحفى العاشر 10^{th} Cranial Nerve . ويستقبل هذا الجهاز الحسى الاهتزازات من الأشياء مما يمكن السمك من العوم دون استخدام البصر ودون الاصطدام بالأشياء ، كما يساعد على صيد السمك لفريسته Prey أو طعامه ، ويعمل كل خط جانبى كبارومتر يقيس ضغط الماء (الذى يرتفع بالقرب من الصخور والأجسام المشابهة) فلا تصطدم الأسماك .

الحواس الكيماوية Chemical Senses :

وتشتمل على حاستى الشم Olfaction والتذوق Taste . فبالنسبة للشم ، معروف أن الروائح المختلفة تنتشر فى الماء فتبلغ النسيج الطلائى الشمى فى الكيس الشمى إذ للأسماك منخر واحد فى الوسط أو منخران على الجانبين فى الأسماك العظمية ، بينما فى الأسماك الغضروفية يفتح المنخران على الجهة البطنية للسمك . ويمكن الشم من اكتشاف الأسماك لغذائها فى ظلمة الماء وبين الأعشاب وحينما تختبئ الفريسة ، وخاصة عندما لايعتمد على الرؤية فى التغذية . وتزداد هذه الحاسة فى قوتها عند الجوع ، إذ يمكن لبعض أنواع أسماك القرش أن تصل إلى مصدر غذائها مع انخفاض تركيزه فى الماء (١٠ جزء / بليون) .

كما تميز القروش بول الإنسان ودمه وعرقه . وهناك الكثير من الأسماك الأخرى التى تعتمد على حاسة الشم فى الحصول على غذائها مثل أسماك الجلكى والجريث والأسماك الرئوية الإفريقية والقرموط والثعبان

والفرخ والبكلا (القد) . فيوجد على قاعدة تجويف الأنف نسيج طلائى شمى ذات بناء قوى من الثنايا . وفى الكراكى يبلغ مسطح الشم ٢ , ٠٪ وفى الثعبان ٤ , ١٪ من مسطح الجسم . لذلك تصل حساسية الشم فى الثعبان إلى تخفيف ١:٢,٩ × ١٠^١٨ من كحول البيتافينيل ايثيل B-Phenylethyl Alcohol . وتفيد حاسة الشم كذلك فى تجنب الأعداء وفى الهجرة والاهتداء إلى المواطن الأصلية وفى التجمع فى مستعمرات وفى التكاثر .

أما التذوق فله مستقبلات كيماوية من خلايا حسية ثانوية على الشفاة أو فى تجويف الفم وعلى غطاء الخياشيم والذقن والزعانف أو مسطح الجسم عامة . ويقتصر تمييز كل الحيوانات الفقارية على أربعة أنواع أساسية فى التذوق هى الحلو والحامض والمر والمالح مما يساعدها على اختيار طعامها والبحث عنه . وتزود هذه الخلايا الحسية بأطراف عصبية تحفية . وتختلف استجابة الأسماك المختلفة للأطعمة حسب نوع أو أنواع المستقبلات بها ، إذ تتخصص الخلايا الحسية لنوع من أنواع التذوق الأربعة . ويفيد التذوق جزئيا فى البحث عن الغذاء ، كما يفيد فى اختيار الغذاء أو لفظه أو مسكه وابتلاعه ، وكذلك فى الغزل أثناء موسم التناسل وفى التعرف على الصغار .

وتفيد الحواس الكيماوية فى الاتصالات بين أفراد النوع الواحد من السمك بواسطة العوامل الكيماوية Chemical Agents التى يطلق عليها Pheromones والتى تنبعث من الأسماك وتختص بكل نوع سمكى ، وهذه العوامل الكيماوية عبارة عن مواد تفرزها للخارج أفراد الأسماك وتستقبلها الأفراد الأخرى من نفس النوع السمكى مظهرة بذلك رد فعل خاص سلوكى ، وتستخدم هذه العوامل الكيماوية ليس فقط فى الاتصالات داخل أسراب السمك Shoals بل كذلك فى تكوين المواطن Territories والإنذار والتزاوج وعودة الأسماك المهاجرة لأوطانها ، فهى ذات أهمية كبيرة فى سلوك الأسماك وتفاعلها مع بيئاتها ، وقد تم فصل بعضها والتعرف عليه ، لكن يستدل على معظمها بالعمليات السلوكية ، ويعتقد فى أهمية دورها فى عمليات زراعة السمك ، وقد بدأت دراستها فى الأسماك من عام ١٩٣٢ بواسطة Wrede لكن أول من أطلق على هذه العوامل الكيماوية المختصة بالاتصال لفظ Pheromones هم Karlson & Luscher عام ١٩٥٩ .

الأعصاب :

يتضح مما سبق هيمنة الجهاز العصبى على الجلد ومايحتويه من قشور وأشواك وألوان ومابه من حواس مختلفة من أبصار وسمع وحواس كيماوية وجهاز الخط الجانبى والخواص الكهربية ، إذ يغذى الأعصاب الخلايا والغدد المنتشرة على الجلد والمسئولة عن هذه الظواهر والحواس والخواص .

والجهاز العصبى Nervous System فى الأسماك العظمية يتكون من المخ وأجزائه (مقدم المخ الأمامى ، والجسمان المخططان ، والفصان الشميان ، وسرير المخ بالجسم الصنوبرى ، والفصان البصريان والمخيخ) وأسفله النخاع المستطيل والأعصاب المختلفة البالغ عددها إحدى عشر زوجا (الأعصاب القحفية Cranial Nerves) والحبل الشوكى الممتد من النخاع المستطيل .

الفصل الثانى
الجهاز العضلى والحركة والنمو والعمر (والجهاز العظمى) والتفوق

الجهاز العضلى Musculature

يتكو ن أساسا من عضلات مخططة striated muscles فى منطقتى الجذع والذيل والتى تتكون من أنسجة عضلية (٣٠ ـ ٨٠ ٪ من وزن الجسم) مميزة ناتجة من انقسام خلوى غير مباشر ومنظمة فى وحدات نابضة تسمى Myomeres or Myotomes بينها نسيج خام Myosepta or Myocommata . وقد تحتوى الأسماك على عضلات سطحية غامقة اللون ومرتفعة المحتوى الدهنى تستخدم فى النشاط (السباحة) وهى العضلات الحمراء. وللأسماك كذلك عضلات فكيه واخرى للجهاز الخيشومى وغطاء الخياشيم وغيرها. وتوجد عضلات الجسم فى سلاسل على الجانبين بطول محور الهيكل للسمك . والعضلات هى الجزء المأكول أساسا من السمك مصداقاً لقول الله تعالى : « وهو الذي سخر البحر لتأكلوا منه لحما طريا » (النحل : ١٤) ، ووظيفتها الأساسية للسمك هى الحركة وذلك بعمل موجات سحب متبادلة بطول الجسم من النهاية الأمامية للجذع إلى طرف الذيل فتنشأ حركة السباحة، كما أنها مخزن للطاقة .

الحركة (السباحة swimming) Motion

يتحرك السمك أى يسبح بفعل العضلات والزعانف والمثانة الهوائية Gas or air Bladder (مثانة العوم Swimming Bladder) ، إذ تحدث العضلات انقباضات متبادلة لتؤدى إلى تموجات جانبية من الأمام إلى الخلف على طول الجسم دافعة الأسماك إلى الأمام فى حركة متعرجة.

وتقوم الزعانف بمقاومة الحركة من جانب إلي آخر مما يعمل على توجيه الحركة، كما تقوم الزعانف كذلك بالعمل على الاستقرار فى العوم. والمثانة الغازية (المتوافرة فى معظم الأسماك العظيمة) ، تعمل على تكييف الوزن النوعى للأسماك مع الوزن النوعي للماء لما تحتويه من غازات تشبه الهواء (إذ تقوم كذلك بتوفير جزئى للأكسجين فى وقت الطوارىء كما تستخدم في إحداث الصوت وربما كذلك فى الإحساس بالصوت، فلهذه المثانة الهوائية وظائف سمعية وتنفسيه وهيدروستاتيكية) مما يعمل على تنظيم العوم أوالغطس أو الثبات ، أى الحركة لأسفل ولأعلى (لذلك تنكمش أو تنعدم المثانة الهوائية فى أسماك القاع) ، بينما فى الأسماك الغضروفية يقوم الذيل بهذه المهمة لعدم تناظر الزعنفة الذيلية فتعمل على التحكم في الرفع لأعلى وللأمام.

وكثير من الأسماك الغضروفية تطفو بفعل وجود كمية كبيرة من الزيوت وهيدروكربون يطلق عليه سكوالين Squalene في أكبادها، وذلك لغياب المثانة الهوائية، ووجود تحويرات تركيبيه أو عدم وجودها وحجم وموقع المثانة الهوائية كلها مرتبطة مع بيئة وعادات الأسماك، ففي حالة عدم وجود المثانة الهوائية تنتقل الأسماك عمودياً بالسباحة السريعة مستخدمة الزعانف الكتفية وفي وجود المثانة الهوائية تنتقل الأسماك عمودياً ببطء بالتحكم في إدخال وإخراج الغاز في المثانة الهوائية للتحكم في طفوها أو غوصها. كما يساعد الشكل الخارجي للأسماك في الحركة كذلك. وهناك علاقة قوية بين درجة حرارة الماء ونشاط السمك مقاساً بسرعة السباحة.

النمو growth :

النمو لفظ يستخدم للدلالة علي التغييرات في حجم الجسم سواء في الطول أو في الأبعاد الأخرى، أو في الوزن سواء في الجسم ككل أو في أنسجته المختلفة، أو في المكونات المختلفة من بروتين ودهن ومركبات كيماوية أخرى بالجسم أو في محتوى طاقة الجسم كاملا أو لأنسجته ، وكلها ببساطة نتائج تغييرات في الأعداد أو الحجوم النسبية لمختلف أنواع الخلايا. كما قد يعنى النمو كذلك التغيرات في عدد الأسماك في العشيرة. وقد تكون هذه التغيرات في الحجم والعدد والوزن إما موجبة أو سالبة Negative growth or Degrowth، وقد تكون زيادة الخلايا عددياً أو حجمياً . وتختلف الأعضاء والأنسجة في قدرتها على النمو.

ويتوقف النمو على عوامل عديدة منها :

١ – وجود منبهات النمو والتي تتأثر بتنظيم الجهاز العصبي المركزي أو الجهاز الليمفاوي المنظمان لمراكز تفاعل المثبطات والمنشطات.

٢ – الحاجة الوظيفية Functional demand قد تؤثر على الحجم النسبي للأنسجة في أثناء النمو وفي المراحل المختلفة لدورة الحياة.

٣ – الحالة الغذائية أو الإمداد الغذائي كمية ونوعا ومدى كثافة السمك المتنافس على نفس المصادر الغذائية ، ونسبة الاحتياجات الغذائية للنمو إلى احتياجات الحفظ تقع ما بين ١ : ١.٥ و ١ : ٣.٢ ، واحتياجات الطاقة للميروك مثلا ٢.٥ مرة اعلى من احتياجات التنش tench وعادة ما تسبب العلائق المحتوية على أحماض أمينية حرة في نقص النمو عن الحد الأمثل المتحقق باستخدام أحماض أمينية مرتبطة بالبروتين، وبانخفاض التغذية ينخفض نمو السمك أو يقف وإن انخفضت التغذية دون المستوى الحافظ فتفقد الأسماك من وزنها . وتتوقف الاحتياجات الحافظة على نشاط السمك وحجمه النسبي والضغوط الخارجية (نقل، صيد ، غيره) والظروف البيئية . وتتوقف زيادة طول ووزن السمك على زيادة وفرة الغذاء

٤ - ظروف المياه الأخرى من ملوحة ودرجة الحرارة والأكسجين الذائب بل والفترة الضوئية، أي الموقع المائي وشهور السنة بل ومن سنة لأخرى يختلف النمو حسب الظروف الجوية (الحرارة ، رياح، مطر، ضوء)

٥ - كثافة العشيرة والتي تتوقف على النوع وظروف جودة المياة المختلفة وعمر الأسماك ، فزيادة الكثافة تحد من النمو بغض النظر عن وفرة الغذاء.

٦ - حجم وعمر الأسماك والنضج الجنسي لها، إذ أن سرعة النمو تكون نسبيا أكبر في الأحجام الأصغر.

٧ - تأثيرات وراثية تتعلق بنوع السمك وحجم اليرقات، إذ يختلف النمو الطبيعي باختلاف الأنواع بل والأفراد لنفس النوع (لاختلاف الظروف البيئية) للتباينات الوراثية .

و هناك علاقة بين مساحة سطح الخياشيم والنمو أساسها (بجانب الغذاء) الأوكسجين اللازم والمحدد للنمو. ولكل نوع سمكي مدى حراري أمثل للنمو في مدى ملوحة ونظام غذائي معينين.

فيتأثر النمو **بدرجة الحرارة** حيث إن النمو عمليات كيماوية إنزيمية يلزمها مدى حراري معين ، وعليه يتأثر النمو بدرجة حرارة الماء والاختلافات الموسمية.

كما يتأثر النمو **بالأكسجين** كذلك، حيث إن الأوكسجين لازم للتنفس اللازم للنمو. وأمكن الحصول على نمو من أسماك البلطي في ٤ أشهر يعادل النمو المتحصل عليه في ١٠ شهور بواسطة تخفيف **كثافة السمك** باستمرار مع تغيير **المياة** عدة مرات أسبوعياً واستمرار **تهوية الماء** والتحكم في معدلات **التغذية**. كما قد ثبت أن **حجم زريعة** المبروك عند الفقس هو أهم عامل محدد لمعدل النمو بعد ذلك ، والذي يتوقف أساسا على **عمر الأمهات** عند وضع البيض. فنمو السمك الجسمي يعتمد على كثافة السمك ويتأثر كذلك **بالمنافسة** على الغذاء وندرة Scarcity الغذاء سواء لزيادة كثافة العشيرة أو لانخفاض إنتاج عناصر الغذاء. وقد تستعيد العشيرة نموها بقوة عند انخفاض المنافسة على الغذاء إما من خلال شدة الصيد وزيادته Over fishing أو من خلال وفرة الغذاء أوانتقالها إلى ظروف بيئية جديدة تتوفر فيها الأغنية والمكان Space . وهناك علاقة عكسية بين كثافة السمك ونموه الجسمي Somati Growth .

وتؤثر **المنافسة** Competition على النمو، فالمنافسة اصطلاح لحالة توجد بين كائنات تعتمد على نفس المصدر من الاحتياجات البيئية فتسبب تداخلا يؤدي إلى تأثيرات ضارة، على كائن أو اكثر ، والمنافسة حالة طارئة وتختلف شدة تأثيرها على النمو باختلاف درجتها، إذ قد يكون تأثيرها غيرملحوظ أو شديد أو ضار وقد عبرعن المنافسة على الغذاء بمعادلة

$$Ci = Me / Mp$$

حيث إن (Ci) دليل شدة المنافسة، (Me) معدل الاستفادة من الغذاء، (Mp) معدل إنتاج الغذاء

المتوفر (بنفس الوحدات المعبر عنها فى الاستفادة من الغذاء سواء بوحدات وزن أو طاقة أو بروتين).

والمكان الملائم Niche عبارة عن مساحة حيوية محتملة للنوع تحددها محاور بيئية متعددة، وإذا تماثلت هذه المساحة (المكان) لنوعية من الكائنات ، كانت فرصة المنافسة بين النوعية قائمة إذا تواجدا فى تزامن واحد معا، وقد تكون المنافسة داخل النوع وبين الأعمار (إذا كان غذاء مرحلتى العمر واحدا مثلا) ، وبالمنافسة فى المكان الملائم يقل النمو والتكاثر. وعادة تكون المنافسة شديدة بين الأنواع آكلة العشب وآكلة اللحوم، أما آكلات كل شىء (الكانسة) Omnivores فعلائقها متباينة فتكون المنافسة فيما بينها أقل. وقد يطلق على العادات الغذائية Feeding Habits كذلك اصطلاح Niches ، ويتقدم عمر السمك قد يغير من عاداته الغذائية لتجنب المنافسة.

وإذا كان نمو الطيور والثديات عضليا بعد التمييز الجنيني يكون عبارة عن تضخم الألياف العضلية، إلا أنه فى السمك يكون زيادة عدد الألياف العضلية بالنمو العضلى أوالجسمى نتيجة تخليق ألياف صغيرة جديدة أو انقسام الألياف الموجودة بالفعل ، بينما فى الكائنات الأخرى يثبت عدد الألياف العضلية بعد اكتمال التمييز الجنينى للأنسجة.

وتتأثر **الأوزان النسبية للأنسجة** بدرجات الحرارة (يزداد الوزن النسبى للجلد على درجات الحرارة المنخفضة) ، وحجم العليقة (زيادة العليقة تزيد دهن الأحشاء وندرتها تخفض نمو الأحشاء والدهن المخزن بها) ووزن الجسم (إذ يزيد دهن الأحشاء بزيادة وزن الجسم) وعمر السمك (إذ ينخفض الوزن النسبى للقلب والجهاز الهضمى خلال المرحلة العمرية المبكرة فى السمك) والحاجة الوظيفية (فعند التجويع والصيام تضمر المعدة ويكون نموها النسبى فى الأسماك ضعيفة النمو قليلاً بينما يزيد باسترجاع النمو والتغذية) ، وبالصيام تحدث كذلك تغييرات اضمحلالية محسوسة فى طلائية المعدة وأنسجة الكبد (وأحياناً كذلك بالألياف العضلية) والغدد المختلفة كالنخامية Pituitary والزعترية Thymus والبنكرياس Pancreas والدرقية Thyroid والكلى . وسحب مخزون الأنسجة بالصيام يؤدى إلى تغييرات فى تراكيبها بالإضافة إلى تغيير أوزانها النسبية.

ويجرى **تقدير النمو** مباشرة للأسماك بمعلومية العمر أو الحجم لفترة ، لكن عادة ما تستخدم الطرق غير المباشرة لتقدير التغيير فى طول أو وزن السمك، وتحليل تكرار الطول يمكن استخدامه لتقدير متوسط معدل النمو. وكثيرا ما تستخدم علاقة العمر بالحجم للأسماك المنفردة مع البيانات التجريبية والعمر للأفراد لاستخلاص متوسط النمو لعينة من العشيرة. وطريقة الحساب الرجعى للحلقات ومناطق النمو فى التراكيب الكلسية تتضمن نواحى فنية أكثر لكن يمكن استخدامها للتفسير الدقيق لتاريخ نمو أفراد السمك .

ومن طرق تقدير النمو في السمك :

١ - **تكرار الطول** Length Frequency : وتستخدم فى تقدير متوسط مقياس النمو لعينة سمك، وهى غير حساسة نسبيا للتغييرات فى معدل النمو لذا قد يقترح الجمع بنيها وبين تحليل تدرج الشكل كطريقة متكاملة.

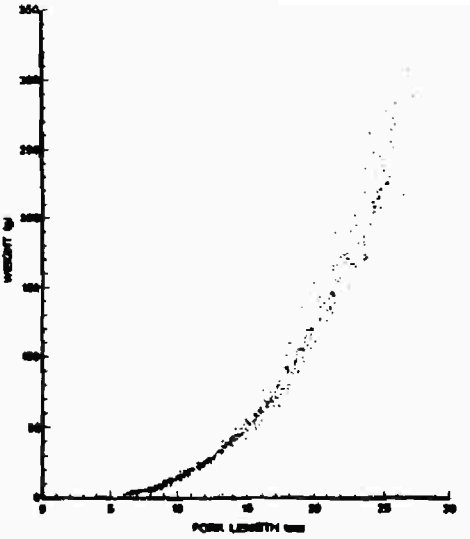
٢ - **الحجم والعمر** Size - at - Age : ودائما يرتبط وصف النمو بأحجام الأفراد عند الأعمار المختلفة، فالعلاقة بين الطول والعمر Length - at - Age يمكن تطبيقها للحصول على مقياس نمو مثل معامل الحالة Condition Factor وطول السمك (L) والذى يمكن استخدامه لوصف ومقارنة معدلات النمو. ومعامل الحالة أو العلاقة بين الوزن (W) والطول فى الأسماك يأخذ شكلا منحنيا يختلف شكله وميله Slope باختلاف الأنواع والعشائر والمواسم والأجناس والتغذية ودرجة الحرارة . ويعبر عن معامل الحالة (أو دليل الوزن Ponderal index) بالمعادلات

$$K = W / L^3$$

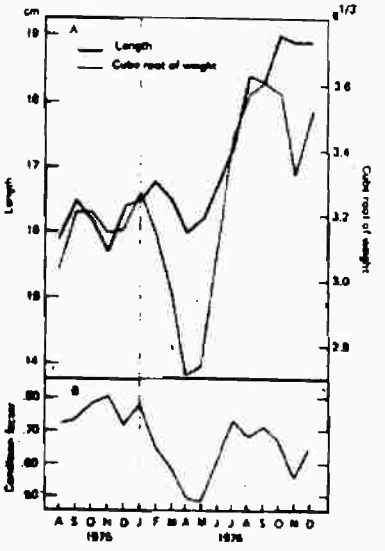
$$K = W \times 100 / L^3$$

حيث (W) بالجرام ،(L) بالسنتيمتر وقد يرفع للأس الذى قيمته بين ٢ . ٥ و ٤ حسب العمر، وقد يعبر عن(L) كطول شوكي أو طول قياسى أو طول كلى .

واختلاف هذا العامل (K) فى النوع الواحد على مدار الوقت يعكس الاختلافات الطبيعية الموسمية في ميزان الميتابوليزم وفى نظام النضج الجنسى والتناسل فامتلاء القناة الهضمية بالغذاء يؤثر على هذا العامل، كما يؤثر الجنس كذلك عليه خاصة بعد النضج الجنسى. فتغيرات هذا العامل تعكس التغيرات فى محتوى الجسم من البروتين والدهن. ويستخدم هذا العامل فى تحليل عشائر الأسماك من حيث تقدير توقيت ومدة نضج المناسل، وفى تتبع النشاط الغذائى وعجز الإمداد بالغذاء ووفرته ، وفى مقارنة عشائر تعيش تحت ظروف متشابهة أو مختلفة من حيث التغذية والكثافة والطقس وغيرها .



علاقة الوزن بالطول فى أسماك التراوت قوس قزح النامية على ١٢ ° م



طول وجذر تكعيبى لوزن أسماك البوت Pout النرويجى فقس عام ١٩٧٤ . يقل الوزن فى الشتاء ، ولايقل الطول لوجود العمود الفقرى وعليه فيختلف معامل الحالة كما يتضح من الجزء السفلى (B) من الرسم .

٣ - الحساب الرجعى أو حل العلاقة السابقة للحجم بالعمر Back-Calculation or Reconstruction of Previous Size - at Age :

ويجرى بقياس الطول على تراكيب هيكلية للسمك، ومنها يحسب الطول الكلى للسمك فى سنوات متعاقبة . وترسم العلاقة الخطية بين حجم التركيب الكلسى وحجم الجسم المقدرين تجريبيا فى عينة كبيرة تحتوي مدى واسع من الأحجام فى نفس العمر فى وقت من السنة تكون فيه الاختلافات فى معدلات النمو أقل ما يمكن . وعند تناسب حجم النسيج الكلى مع حجم الجسم فإن :

$$F_x = F_y \frac{B_x}{B_y}$$

حيث (F_x) طول السمك عند حلقة معينة أو عمر معين ، (F_y) طول السمك وقت الصيد، (B_x) طول أو قطر التركيب الكلسى عند الحلقة المعينة، (B_y) الطول الكلى (وقت الصيد) للتركيب الكلسي. ويفترض وجود علاقة خطية بين نمو القشور ونمو الجسم. والحساب الرجعى من أدق طرق تقدير النمو فى السمك. وفى نهاية القرن الثامن عشر أمكن تقدير النمو فى الأسماك المنفردة فى شكل علاقة الطول بالعمر Length - For - Age من المواقع النسبية للعلامات الحلقية Annulus Marks على القشور أو الأنسجة الكلسية الأخرى . ويؤدى تحليل النمو الجسمى Somatic Growth إلى حساب كفاءة الاستفادة الغذائية Efficiency of Food Utilization للأسماك ، وتوزيع المواد الممثلة غذائيا Asimilated Substances بين أنسجة الجسم، وتحديد وقت الحصاد بمعرفة صفات الأنواع السمكية وأحجام أنسجتها النسبية ومحتوياتها من البروتينات والدهون والطاقة وعلاقتها بزيادة حجم الأسماك (أى بدراسة دور التغذية والهرمونات فى نمو الأسماك) .

٤ - تعليم وترقيم السمكم Marking or Tagging : ويتطلب تكنيك معين قد يؤثر على النمو، وقد يستخدم فيه التعليم الداخلى أو التلوين بالمضادات الحيوية والصبغات.

أو تستخدم مشابك الزعانف. وتتم الدراسة بتتبع الزيادة فى الطول أو الوزن للأسماك المعلمة فيما بين فترتى التعليم وإعادة الصيد. وهى طريقة مكلفة مما يحدد من انتشارها على مستوي واسع، كما أن نمو السمك المرقم قد لا يتماثل مع نمو العشيرة غير المعلمة.

٥ - تقدير بروتين جسم السمك بأخذ عينة من العضلات وتقدير بروتينها (أزوتها) الذى يحول إلى وزن سمك. كما أن تقدير نسبة الحمض النووى RNA إلى الحمض النووى DNA فى فترتين فالأخير ثابت الكمية فى الخلية الواحدة لمسئوليته عن الصفات الموروثة بينما الأول (RNA) تزيد كميته بزيادة النمو لمسئوليته عن تخليق البروتين الجديد فى الخلايا وعليه فتزيد نسبه هذين الحمضين $\frac{RNA}{DNA}$ بزيادة النمو، ويفضل استخدامها فى العضلات البيضاء

للأسماك الناضجة وفى الأسماك كاملة فى الطور اليرقى.

واستخدام مقارنات معدل النمو على أساس نسبة الأحماض النووية يجب أن يقتصر على نفس الأنواع وفى حجم محدد ومرحلة عمرية محددة، إذا أن هناك عوامل (كدرجة الحرارة والنضج) تؤثر على مستوى نشاط الأحماض النووية.

والحمض RNA يستخدم كمؤشر لمستوى النشاط الميتابوليزمى ولحجم الخلية النسبى ، بينما الحمضىDNA يستخدم كدليل لعدد الخلايا فى الأنسجة المختلفة. وتزيد النسبة بين هذين الحمضين فى العام الأول من عمر عنه فى العام الثانى لزيادة معدل النمو فى السمك الأصغر. وبالنمو فى سمك القد من ٣٠ إلى ١٠٠ سم انخفض تركيز DNA فى العضلات لانخفاض عدد الخلايا لكل وحدة وزن جسم بزيادة حجم السمك.

ومن فوائد تقدير النمو فى الأسماك ما يلى :

١ - تساعد معلومات النمو فى الحصول على إنتاج عال من الأسماك فى وقت أقل وذلك باختيار الأنواع الأسرع نموا.

٢ - تساعد فى وضع التشريعات الخاصة بأوقات الصيد وأماكنه وحجم فتحات الشباك للمحافظة على الثروة السمكية بعدم صيد الأحجام الصغيرة لتمكينها من النمو التكاثر.

٣ - تمكن من معرفة أفضل الظروف البيئة للحصول على أفضل نمو سمكى فنعمل على تعديل الظروف لأنتاج أعلى محصول ممكن.

معدل النمو Rate of growth :

الطريقة الأساسية للتعبير عن نمو كائن هى وصف معدل النمو على طول حياته، وهذا المعدل ينتج من عدة عوامل تعمل مستقلة. ومعدل النمو تضاعفى أو لوغاريتمى أكثر منه حسابى وذلك لأنه دالة Function ، إذ يزيد النمو أول الحياة ثم يتناقص مؤخرا . فمنحنى النمو باستمرار العمر يكون أولا مقعرا Concave لأعلى، ثم ينقلب التقعير لأسفل تدريجيا . فمعدلات النمو عادة تكون أسية أو لوغاريتمية Exponential موجبة أول الفترة ثم سالبة فى نهايتها.

ويعبر عن النمو بالمعادلة الأسية :

$$dy / dt = ry$$

حيث إن (dy/ dt) معدل التغيير فى الحجم أو العدد فى وحدة الزمن، (r) الأس لمعدل الزيادة فى الحجم أو العدد، (y) حجم العشيرة أو الكائن النامى.

وتأخذ الأسماك فى نموها (طول ووزن) شكل منحنيات النمو السينية Curves Sigmoidal Growth

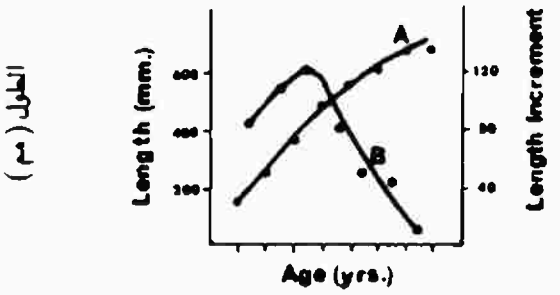
فى فترات ازدهار النمو فى الربيع والصيف وفى مرحلة النمو الجنينية. وتستخدم عادة معدلات النمو النوعية (Specific Growth Rates (SGR . (٪ / يوم) وهى من أفضل الطرق لعرض النتائج خاصة كقاعدة فى المقارنة بين العشائر والأعمار والأفراد، وهذا يتطلب قياس المتغيرات من طول ووزن وغيرها على فترات منتظمة :

$$G = \frac{\log_e YT - \log_e Yt}{T - t} \times 100$$

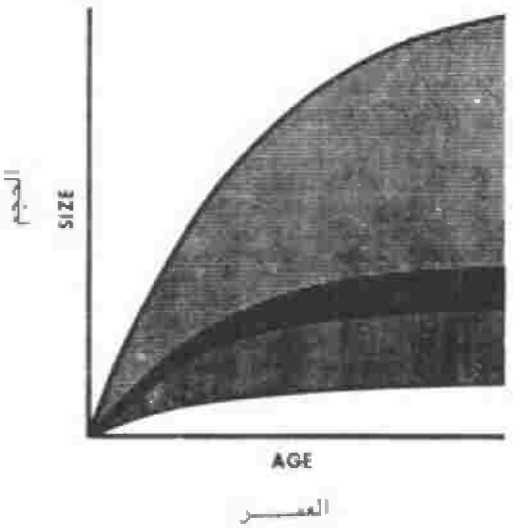
حيث إن (G) معدل النمو النوعى، (YT) الحجم النهائى عند الزمن (T) ، (Y t) الحجم الأولى عند الزمن (t)، (Lag_e) اللوغاريتم الطبيعى.

وتختلف العشائر المختلفة (من نفس النوع السمكى الواحد) فى معدل نمو أسماكها فى نفس العمر طبقا للاختلافات البيئية (الغذائية) ، إذ أن معدلات نمو السمك تستجيب بشدة للاختلافات فى وفرة الغذاء وكثافة العشيرة ودرجات الحرارة والأوكسجين وغيرها .

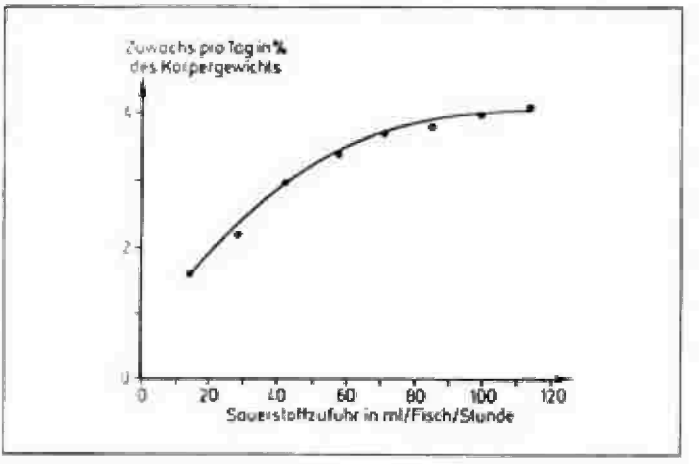
وحجم الجسم النهائى المميز لاكتمال النضج الجنسى فى الطيور والثديات لا يظهر عادة فى الأسماك التى يظهر فيها نقطة هامة نسبيا تشير إلى أول نضج يظهر مرتبطا بأقل حجم حرج والذى تصل إليه الأسماك فى عمر يتوقف على معدل النمو الجسمى. وبينما معظم الفقاريات الراقية لها أقصى حجم لا تتعداه مهما طال عمرها، فإن الأسماك تظهر نموا مستمرا (طالما أن الغذاء غير محدد) طوال حياتها، وإن قل تدريجيا معدل النمو بعد بلوغ أقصاه. أى أن عمليات النمو الأساسية فى الأسماك تختلف عنها فى الفقاريات الراقية . وعموما فإن معدل النمو عبارة عن مقدار التغير (الزيادة) فى الطول أو الوزن فى وحدة الزمن. وغالباً يستخدم الطول للتعبير عن الحجم لصعوبة قياسه (بواسطة الإزاحة بالماء) عن الطول.



متوسط الطول والزيادة فى الطول (معدل النمو) على مدار عمر أسماك التراوت .



مقارنة معدلات النمو لأنواع سمك سريعة النمو (لأعلى) واخرى نموها بطيء (لأسفل) والمنطقة السوداء منطقة مشتركة لفقر نمو الأنواع الأولى (سريعة النمو) وجودة نمو الأنواع الأخيرة (بطيئة النمو)

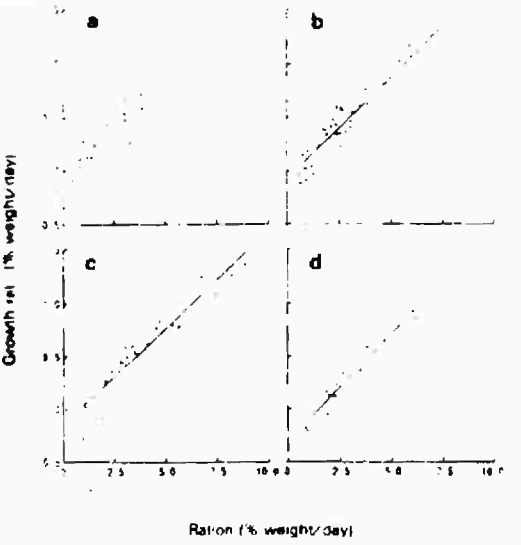


النمو اليومى / من وزن الجسم

وفرة الأوكسچين مل / سمكة / ساعة

علاقة الأوكسچين المتاح بمعدل نمو المبروك على ٢٣ ° م

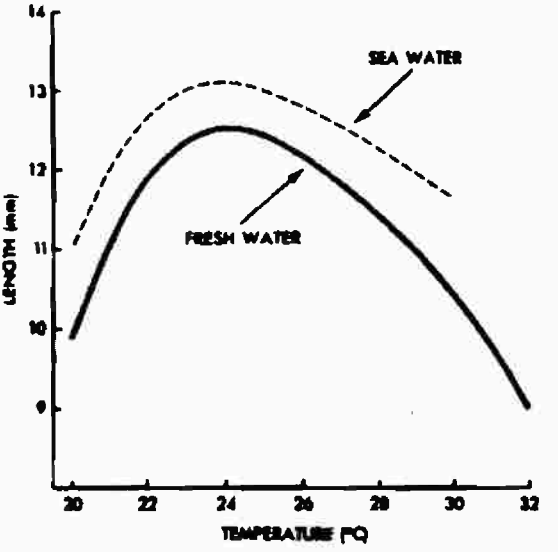
العلاقة بين معدل النمو النوعي في الوزن ومستوى الطيقة لصغار أسماك البكلاة Cod على درجة حرارة ٧ °م (a) ، ١٠ °م (b) ، ١٥ °م (c) ، ١٨ °م (d) .



معدل النمو (٪ وزن / يوم)

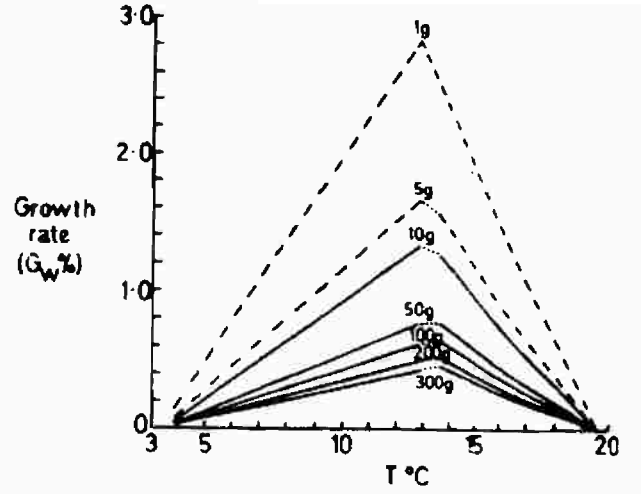
الطيقة (٪ وزن / يوم)

متوسط أطوال أسماك الجوبي عمر ٤٠ يوما في ماء البحر (خط مقطع) وماء عذب (خط متصل) على درجات حرارة مختلفة.

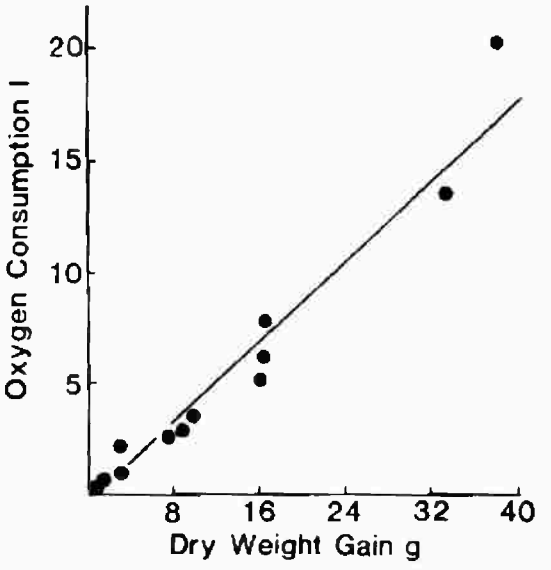


الطول (مم)

درجة الحرارة (° م)



العلاقة بين معدل النمو النوعى (٪ وزن / يوم) ودرجة حرارة المياة لأوزان جسم مختلفة من أسماك التراوت على أقصى معدلات تغذية .



علاقة الزيادة فى وزن الجسم الجافة باستهلاك الأوكسچين فى أسماك القرموط الإفريقى

وعادة يكون النمو أعلى فى المياه الدافئة عنه فى المياة الباردة، وقد ينخفض النمو فى أثناء الهجرة أو التناسل ، بل قد يكون سالباً عندما تنخفض طاقة الغذاء عن الاحتياجات المختلفة للسمك. وعليه فشكل مقاطع منحنى النمو تتباين بتباين الأنواع لاختلاف مواعيد هجرة وتكاثر كل نوع عن الآخر، أى أنه ليس شرطا أن يزداد نمو كل الأنواع صيفا أو ربيعا، إذ قد تتناسل بعض الأنواع فى مواسم النمو (هذه) لأنواع أخرى.

وقد يتفوق نمو الذكور على الإناث فى أنواع، والعكس صحيح فى أنواع أخرى. ويرتبط النمو عموما بالتأثيرات الهرمونية خاصة من الغدة النخامية.

كما قد تستخدم عوامل نمو مختلفة لدفع نمو السمك من بينها المضادات الحيوية (خاصة في حالة نقص البروتين الحيوانى لتداخلها فى ميتابوليزم البروتين مما يجعلها تعوض نقصه لحد ما) والأحماض الأمينية والفيتامينات وكلوريد الكوبلت ونترات الكوبلت والمعادن المختلفة ، ووجد أن أكثرها تأثيرا كانت كلوريد الكوبلت، يليها النشا والبورون والمنجنيز فى العليقة. ولحجم جزئيات العليقة تأثيرها على النمو، فأقصى نمو يكون على حجم معين لجزيئات الغذاء لا دونه ولا أكبر منه ، وبزيادة طول السمك يزيد نسبيا حجم جزيئات الغذاء اللازمة لأقصى نمو، فالأسماك بطول ٢ . ٤ ـ ٣ . ٢٠ سم طول يكون أقصى نمو لها عندما تغذى على غذاء قطر جزئياته ٠,٠٢٢ – ٠,٠٢٦ × الطول الشوكى للسمك. وعموما فإن أقصى نمو للسمك وزن ١٠ جم فأثقل لا يتعدى ٣٥ جم/ كجم ^{٠,٨٠} / يوم.

إعادة نمو (تجديد Regeneration) أعضاء السمك :

تتمتع الأسماك بقدرتها على إعادة إنماء بعض الأعضاء الخارجية والداخلية بأجسامها . فقد وجد Sonnemann ١٩٧٥ انتشار معلومات منذ زمن بعيد عن قدرة السمك فى إعادة نمو الطرف السفلى لخط الظهر، كما وجد Wunder & Schimke ١٩٣٥ أن المبروك يعيد نمو الخياشيم والقشور والذقن والزعانف وذلك إذا ماترك جزء ولو بسيط منها على الجسم عند الجراحة لتكون نقطة بداية (منبت) للتكاثر الجديد، إلا أنه لو أزيلت على سبيل المثال الزعنفة كلية فإنها لا تتجدد بل يلتئم الجرح ببساطة . وفى عام ١٩٥٣درس Wunder إمكانية إعادة نمو الأعضاء الداخلية (مبايض ، خصى، كبد، طحال، كلى) فى المبروك. ووجد من إجمالى الدراسات فى هذا الموضوع أن :

١ – بالنسبة للخصى : فإن إزالة إحدى الخصيتين كلية لا ينتج عنه أى نمو جديد فيها، بينما إزالة الخصيتين معا أدت إلى تكاثرهما من جديد على الجانبين. وإزالة نصف خصية فقط أدى إلى زيادة حجم الخصية الأخرى وعدم نمو الأولى . وعليه فإعادة النمو تتوقف على ما إذا كان قد استبقى جزء من النسيج المسئول عن التكاثر ثانية فى الجسم، وإذا أزيل نسيج الخصية والنسيج المحيط بها كلية فإنه لن يعاد فيها نمو، وقد يحدث نمو جنسى مخالف فى الأسماك ثنائية الجنس، وإذا أزيل ربع الخصى فقط فإنها لا تتكاثر جديداً بل تزيد فى الحجم فقط..

٢ – أما المبايض : ففى المبروك أدت إزالة كلى المبيضين إلى عدم إعادة نموهما، كما أنه قد ينشأ تكاثر خصى مكانهما فيما يسمى بإعادة نمو جنسى مخالف Counter - Sexual Regeneration . كما أن إزالة أحد المبيضين بالنسيج المحيط لا تؤدى إلى إعادة نموه، بينما إذا تمت إزالة المبيض بحرص مع ترك النسيج المحيط فإنه يعيد نموه ثانية. ويؤدى عدم إزالة المبيض كلية إلى زيادة اتساع الجزء المتبقى كما يزيد امتداد الكلى على نفس الجانب

المزال منه المبيض ليشغل الحيز الناشىء من إزالة المبيض.

٣ - الكبد : لم يتمكن أى من Wunder ١٩٥٣ ، Maier ١٩٦١ وكذا Sonnemann ١٩٧٥ من اكتشاف أى نمو جديد فى الكبد بعد إزالة أجزائه، وعند إزالة أجزاء صغيرة من الكبد أدت إلى نمو الطحال مكانها وتم التئام جرح الكبد.

٤ - الطحال : رغم أن Topf ١٩٥٥ لم يحصل على أى نمو جديد فى الطحال إلا أن كل من Wunder ١٩٥٣ و Sonnemann ١٩٧٥ تمكنا من تحقيق إعادة نمو طحال المبروك، وعليه فيجب معرفة أن طحال المبروك متباين التركيب جدا، ففى كثير من الحالات يتكون من جزء أساسى وسلسلة من العقد الصغيرة موضوعة بين نسيج الكبد، وعموماً فإن العضو لو أزيل كاملا مع كل العقد والأطراف الخلفية فقد لا ينو ثانية.

٥ - الكلى : أجريت دراسات على كلى المبروك فوجد أنه إذا أزيل منها الفص المركزى لم يحدث أى إعادة نمو، إلا أنه قد يحدث تضخم تعويضى فى الجهة المقابلة أو فى الميتانفرونات Metanephron ، وإذا زاد أو نقص حجم الأعضاء المجاورة فإن الفص المركزى الكلوى إما أن يعاق نموه أو أن يزيد نموه، فمثلاً عند إزاله جزء من الخصى يحدث تشوية فى شكل الكلى وعدم تناسقها ، إذ أن نمو الخصية الملاصقة بشدة يثبط من تكوين الفص المركزى الكلوى المجاور للخصية المزال جزء منها.

٦ - المثانة الهوائية : وجد أن إزالتها كاملة من المبروك لا تعيد نموها بل يمتد مكانها أعضاء أخرى فى الحيز الذى فرغ، وإذا أزيل الجزء الخلفى منها فإن الجرح يلتئم ولا يحدث إعادة نمو. وإذا شقت المثانة الهوائية طوليا فإن الجرح يلتئم وتعود المثانة الهوائية لوظائفها ثانية بسرعة. فالمثانة الهوائية ليس لديها استعداد لإعادة نموها، لكن لها قدرة فائقة على الاستشفاء وإعادة وظائفها بعد جرحها.

٧ - تداخل الأعضاء عقب العمليات : يشغل تجويف الجسم أعضاء عدة تتنافس فيما بينها على المساحة المتاحة، فإذا تضخم عضو فإنه يكون على حساب عضو آخر، فإزالة عضو كامل أو جزء من عضو يجعل العضو المجاور يمتد فى الفراغ الناشىء ، فمثلا قد يحدث امتداد للفص الرئيسى للكلى فى الفراغ الناشىء من إزالة مبيض أو خصية، ويمتد الطحال كذلك فى الفراغ الناتج من إزلة جزء من الكبد، وإذا أزيلت المثانة الهوائية امتدت مكانها الأمعاء.

ومما سبق يتضح أن للمبروك قدرة على إعادة نمو بعض أعضائه الداخلية (خصى، مبيض ، طحال) دون البعض الآخر (كبد ، كلى ، مثانة هوائية).

التجديد Recruitment

المقصود بالتحديد فى عشيرة أسماك هو إضافة أعداد جديدة للعشيرة لتصير متاحة فى فترة خاصة من حياتها، عادة هى المرحلة التى يتم صيدها فيها. والتنبؤ بالتجديد ليس عملية سهلة، وذلك لتوقفه على عدد الإناث وخصوبتها وخصائص الحجم والنمو. إذ أن الخصوبة تكون مرتفعة فى مرحلة عمر دون أخرى، وبالتالى يتباين عدد البيض لكل وحدة وزن من الإناث البالغة. كما يتوقف التجديد كذلك على النفوق فى العشيرة، وهذا هو الآخر متباين الأسباب (فيضانات ، جفاف ، انحرافات حرارية، رياح شديدة، تلوث ، كثافة سمك عالية تؤدى للافتراس Cannibalism وللأمراض وسحب الغذاء). وتقوم عشائر الأسماك بزيادة وتنظيم ذاتها ، فمن تتبع عشائر السماك المنتشرة ثبت وجود علاقات محددة وأسس منظمة لتجديد العشيرة ذاتيا، فدلت الدراسات على وجود علاقة ما بين وزن المبيض أو عدد البيض (خصوبة مطلقة Absolute Fecundity) بالنسبة لطول الجسم فى صورة منحنى بسيط أو لوغاريتمى يتحد ميله حسب حالة النضج الجنسى ، وهذه العلاقة توضحها المعادلة :

$$F = a^{L^b}$$

حيث (F) الخصوبة ، (L) طول السمك ، (a, b) ثوابت.

ولا ترتبط الخصوبة ولا وزن المبيض بالعمر بشدة كارتباطها بالطول أو الوزن، إذ أن العلاقة بين الخصوبة ووزن الجسم محددة بعلاقة خط مستقيم Rectilinear Relationship وارتباط عال، وذلك لأن وزن المبيض والخصوبة يزيدان بقوة ترتبط بقياس أبعاد الجسم (كالطول) ، وإن كان فى بعض الحالات تكون النسبة بين الخصوبة المطلقة إلى وزن الجسم تميل إلى الانخفاض لحد ما بزيادة حجم (وعمر) الإناث مما يؤدى إلى انخفاض الخصوبة النسبية Relative Fecundity (وزن البيض / وحدة وزن الجسم) بتقدم وزن الجسم (أو العمر) . ورغم ذلك فإنه يبدو من المقبول الإقرار بوجه عام أن الخصوبة تميل إلى الزيادة بزيادة حجم الجسم.

ويحسب إنتاج البيض الكلى (E) لعشيرة ما بشكل أولى بافتراض أنه نسبة من الوزن الكلى للإناث البالغة وذلك من المعادلة :

$$E = S \times n\, p^{-w}$$

حيث (np^{-w}) الوزن السنوى للجزء الناضج جنسيا من العشيرة، (S) النسبة المئوية للإناث الناضجة ، (X) الخصوبة النسبية.

وزيادة العشيرة تكون نتيجة النمو بوجه عام فى عشيرة السمك، والذى يشير إلى الوزن الإجمالى للسمك الحى الناتج فى فترة زمنية معينة، والذى ينتج من تمثيل الغذاء ، وبالتالى فإن وزن الغذاء الممثل (B_a) خلال فترة معينة لو خصم منه الفقد فى إنتاج السمك نتيجة التنفس خلال نفس الفترة (B_r)

لأعطى مؤشراً للنمو أو الزيادة فى الوزن أو فى الإنتاج (P)

$$P = B_a - B_r$$

أو أن الإنتاج (p) محصلة طرح أوزان الفقد نتيجة التنفس (B_r) والروث (B_v) والبول(B_u) من وزن الغذاء المستهلك (B_c) خلال نفس الفترة :

$$P = Bc - [\, B_r + B_v + B_u \,]$$

والإنتاج السمكى يعرف بأنه تحويل إلى أنسجة جديدة فى فترة زمنية فى عشيرة نوع معين، ويشمل مجموع الاختلافات فى النمو لجميع أفراد العشيرة الحية فى أى وقت من الفترة. وتعرف الاختلافات النموية بأنها الزيادة الصافية أو النقص الصافى فى كمية أنسجة أجسام أفراد العشيرة بغض النظر عن الأنسجة . وعليه فالإنتاج يكون نتيجة نمو أفراد السمك، والتغييرات النسيجية يعبر عنها بالتغير الوزنى Gravimetric أو التغير فى البروتين أو الدهن أو المحتوى الحرارى.

إلا أن نمو المناسل نوع إنتاجى مختلف عن الأنسجة الأخرى لارتفاع محتواها الحرارى، ولأنها تشكل أساس لعشيرة الأجيال التالية أكثر منها للسمك ذاته المنتج للنسيج التناسلى.

ولحساب الانتاج يتطلب الأمر معرفة أعداد وأوزان السمك أو معدل سرعة الزيادة فى النمو ومتوسط الكتلة الحيوية Biomass فى فترة ما. ويتأثر الإنتاج أو نمو الأفراد فى عشيرة Population أو جماعة متجانسة العمر Cohort بمعدلات النفوق، وفقد الأفراد الأكبر خلال الهجرة ، وفصول وقف النمو، وفقد الوزن خلال إنتاج البيض والمنى، وغير ذلك. والانتاجية الكلية عبارة عن محصلة الانتاجية الطبيعية (انتاج السمك من الغذاء الطبيعى) والانتاجية الراجعة للتسميد والانتاجية الراجعة للتغذية الصناعية .

وإنتاج السمك ليس نموا وديناميكية فى العشيرة فقط بل هو كذلك يرتبط بعمليات الإنتاج الأخرى المعقدة لنظام البيئة المائية الذى تكون فيه الأسماك وأنشطتها جزءا منه . فهناك المنافسة والمفترسات والفرائس والهرم الغذائى Trophic Pyramid وغيرها مما يؤثر على ديناميكية أنظمة تأثير البيئة المائية Ecosystems Aquatic .

والمحصول السمكى عبارة عن الجزء من العشيرة الذى يحصل عليه الإنسان، ويعبر عنه بوحدات الوزن لكل وحدة زمن لكل وحدة مساحة . ويعبر عن الوزن بالوزن الرطب أو الكلى أو منزوع الكالسيوم أو الجاف خالى الرماد (مادة عضوية) أو بمحتوى النيتروجين أو القيمة الحرارية، والوزن الرطب لا يفضل استخدامه لتغيره. ومن المهم تقدير حجم العشيرة لفهم التغييرات الأساسة فى عدد وتركيب العشيرة، ومنه يمكن تقدير المحصول السمكى كأساس للإدارة السليمة.

وقد يجرى تقدير المحصول السمكى بالعد المباشر للعشيرة إذا كانت مركزة ، ومتاح ذلك فى بعض مراحل حياتها، إلا أن الأغلب تقديره بطرق غير مباشرة سواء منفردة أو متعددة ، والأفضل استخدام عدة طرق معا لتقليل خطأ التقدير.

وينقسم المحصول إلى محصول كلى Gross Production ومحصول صاف Net Production والمحصول الكلى يشمل الكتلة الكلية بما فيها الكتلة المستخدمة فى التمثيل الغذائى والتى فقدت بالنفوق، بينما الإنتاج الصافى هو الفرق بين الإنتاج الكلى والفقد الراجع للميتابوليزم والنفوق .

ومن طرق قياس المحصول (العشيرة) :

١ ـ الإحصاء المباشر Direct Enumeration :

وقد تتم بدراسة كثافة المنطقة بافتراض أن العشيرة لاتهاجر على الأقل فى أثناء فترة أخذ العينات . فتؤخذ عينات (مساحات) معلومة بصيد أسماكها بالسم أو الصدمة الكهربائية أو غيره ويقدر حجم السمك عددا أو وزنا لكل وحدة مساحة ثم تنسب لحجم الماء الكلى فى الجسم المائى فيعرف حجم العشيرة.

وفى الأسماك المهاجرة يمكن توجيهها خلال صناديق جمع للعد والفحص، سواء بعداد أو ملاحظ أو باستخدام أبراج للعد وملاحظين للعد بمساعدة خلفية مثل انعكاس القاع بالمعادن أو الأرضيات المطلية، وفى الأبراج يكفى العد ١٠ دقائق كل ساعة ومنها يحسب العدد فى فترة الهجرة الكلية . وقد تستبدل أبراج العد بأنابيب بلاستيك مجهزة من الداخل بأجهزة عد تحصى السمك أتوماتيكيا وتسجل العدادات هذا الإحصاء ، كما توجد كاميرات تليفزيونيه ذات دوائر مغلقة متصلة بعدادات رقمية ومزودة بشريط فيديو لتسجيل السمك المار فى أى وقت من السنة . هذا ويمكن إحصاء العشيرة بالتصوير الفوتوجرافى الهوائى.

والأحواض الصغيرة تصمم لسهولة الصرف مع عمل أجزاء للصيد وللإحصاء للعشيرة.

وقد يحصى البيض بماكينات خاصة تحت الماء، وبمعلومية عدد البيض للأنثى يعرف عدد الإناث ، وبمعلومية عدد الذكور اللازمة لتلقيح بيض كل أنثى يحسب عدد الذكور ، وبذلك يعرف حجم العشيرة من الذكور والإناث فلتقدير قطيع سمك بمعلومية البيض الموضوع تستخدم المعادلة :

$$N = \frac{ne}{n} S$$

حيث (N) عدد السمك فى فوج وضع البيض ، (ne) عدد البيض فى المنطقة تحت البحث ، (n) متوسط إنتاج (خصوبة) الإناث ، (S) النسبة الجنسية .

ويقدر عدد البيض (ne) من المعادلة :

$$ne = \frac{n`}{a} A$$

حيث (n`) متوسط عدد البيض فى العينة، (a) مساحة منطقة العينة، (A) المساحة الكلية لمنطقة وضع البيض.

وقد ترتبط الطرق الإحصائية بالسمع، وذلك بإستخدام مصدر صوتى، ومنه يمكن تتبع أثر السمك، فيدل الصوت على وجود أو عدم وجود السمك ومنه يقدر حجم العشيرة بإعداد تسجيلات وجود السمك لكل

وحدة مساحة مستعرضة، وإن كانت هذه الطريقة لا تمكن من اكتشاف أسماك القاع العميق جداً.

كما تمكن إحصائيات اصيد Catch Statistics (Catch & Fishing) ونتائجها الأوليه من تحديد حجم العشيرة التى يتذبذب عددها ويعكس ذلك بيانات الصيد. وقد تستخدم معادلة كالتالية :

$$P = \frac{An}{a} K$$

حيث (P) العشيرة المقدرة، (A) المساحة الكلية، (n) عدد السمك فى العينة، (k) كفاءة الشبكة المستخدمة، (a) مساحة منطقة العينة. أو المعادلة :

$$\bar{N} = \frac{C_1^2}{C_1 - C_2}$$

حيث ($\bar{N}$) حجم العشيرة المقدر، (C_1) حجم الصيد الأول،(C_2) حجم الصيد الثانى. أو المعادلة :

$$P = \frac{Bc + Bm}{K}$$

حيث (p) حج العشيرة المقدرة، (B_C) الصيد السنوى، (Bm) الكائنات الحية (أسماك) المستبعدة بسبب النفوق الطبيعى، (k) مكافىء لنسبة الإنتاج. وهذه تتوقف على جهد الصيد Catch Effort ، سواء كان الجهد متغيراً أو ثابتا. ففى حالة الجهد المتغير يفترض أن الصيد لكل وحدة جهد - Catch per - unit effort ($\frac{c}{f}$) أو المعروفة بالأختصار (CPUE) تكافىء حجم العشيرة (N) مضروباً فى القابلية للصيد (q) فى شكل المعادلة :

$$\frac{c}{f} = qN$$

فإذا رسمت العلاقة بين الصيد لكل وحدة جهد مقابل الصيد الكلى لنشئت علاقة خطية لها ميل Slope مساوى للقابلية للصيد (q) الجزء المقطوع Intercept (qN) مساوى للعشيرة الأصلية مضروبا فى القابلية للصيد، ومنه يقدر حجم العشيرة بقسمة الجزء المحصور (من تحليل الارتداد) على الميل، أو بإيجاد نقطة تقاطع خط الارتداد مع الإحداثى السينى.

ويقدر الصيد / وحدة مجهود صيد للمركب بقسمة وزن أو عدد السمك على عدد ليالى الشبك التى صيدت علي المركب. وعدد ليالى الشبك عبارة عن عد الشبك المستخدم فى الصيد على المركب مضروباً فى عدد ليالى الصيد للمركب. ويؤخذ متوسط الصيد لكل وحدة جهد لمجموعة المراكب المستخدمة فى صيد منطقة الدراسة ، فيكون هو CPUE للمنطقة . وقد تستخدم معادلة المحصول :

$$C_{max} = XMB_o$$

حيث (C_{max}) أقصى محصول (كجم / هكتار / سنة) ، (X) ثابت يمثل الإنتاج السنوى الكلى الممكن الحصول عليه من المصايد، (M) معدل النفوق الطبيعى، (B_o) متوسط الكتلة الحيوية (كجم / هكتار) ، وقد اقترح عادة قيم (X) حوالى ٠,٥

٢ - الترقيم وإعادة الصيد Mark & Recapture :

وهى من أبسط وأكثر الطرق استخداما وتعرف كذلك بنسبة بيترسن Petersen Ratio ، وفيها تجمع عينة سمك وتعلم وتترك ثانية في الماء، وبعد فترة يعاد صيد عينة أخرى تحتوى أسماكاً معلمة وغير معلمة. وتعتمد الطريقة على افتراض عام هو أن نسبة السمك المعلم المعاد صيده إلى إجمالى الصيد الثانى كنسبة إجمالى السمك المعلم أولاً إلى إجمالى العشيرة، وكذلك على افتراضات أن السمك المعلم فى الفترة من إعادته للماء وحتى إعادة صيدة لم يعانى من أى زيادة في النفوق أو الهجرة عن السمك غير المعلم، وأنه لم تفقد علامات ، ولم تهمل أسماك معلمة معاد صيدها ، وأن السمك المعلم تم صيده بنفس معدل السمك غير المعلم (أى أن السمك المعلم موزع عشوائيا) ، وأنه لم يحدث إضافات للعشيرة. وقد يطلق على طريق بيترسن هذه الإحصاد الفردى Single Census وفيها يتم حساب حجم العشيرة من المعادلة :

$$\hat{N} = MC / R$$

حيث إن ($\hat{N}$) حجم العشيرة المقدرة، (M) عدد السمك المعلم أولاً، (C) حجم العينة المعاد صيدها (معلمة وغير معلمة)، (R) عدد السمك المعلم المعاد صيده . ويكون هذا الإحصاء لحجم العشيرة وقت الترقيم أى فى زمن العينة الأولى وليس لزمن إعادة الصيد.

وهناك نماذج أخرى لطريقة التعليم وإعادة الصيد يكون فيها الحصر مضاعفاً Multiple Census بأخذ عينات سمك مستمرة لفترة من الزمن وتعليم السمك الجديد (والسمك المرقم من قبل يعتبر معاد صيده) وإرجاع السمك كله ثانية للماء، ويفترض فى هذه النماذج عشوائية أخذ العينات أو عشوائية خلط السمك المعلم وغير المعلم، ومعرفة كل العلامات، وعدم التجديد فى العشيرة، وتختلف هذه النماذج للإحصاء المضاعف من حيث إذا ما كانت لا تأخذ فى الاعتبار نسبة النفوق أو إذا كانت نسبة النفوق معلومة أو غير معلومة ولكل نموذج منها بالتالى معادلة خاصة لحساب حجم العشيرة.

سمكة تراوت مرقمة بعلامة معدنية فى الفك السفلى

سمكة مبروك عمر ٤ سنوات مرقمة بقلم نترات فضة

وهناك من طرق المسح Survey Removal ما يمكن من حصر حجم عشيرة من نوعين أو عمرين أو جنسين مختلفين.

ويستخدم الترقيم فى تقدير حجم العشيرة ، كذلك فى دراسة الهجرة وتوزيع ونمو ونفوق الأسماك . وتستخدم فيه مرقمات Tagsمن الفينيل أو المعدن أو البلاستيك . وفيها يفترض أن نسبة التفوق فى السمك المعلم هى ذاتها فى غير المعلم، وأن الأسماك لا تفقد علاماتها ، وأنها تختلط بالأسماك الأخرى عشوائيا، وأنها يعاد صيدها جميعاً. والعلامات المستخدمة فى الترقيم والتعليم Marking & Tagging يشترط أن تكون رخيصة، سهلة التصنيع، توضع بأله حتي يمكن إنجاز ترقيم آلاف الأسماك، وألا تعيق حركة عوم السمك، وألا تجذب المفترسات ، وأن تكون سهلة التمييز بالنظر للباحث. ومنها الداخلى أو الخارجى ، فمنها المشبك (فى الزعنفة) ومنها كلوريد بولى فينيل (داخلى) لترقيم الجمبرى لا يزيد طولها عن ٥ مم ، ومنها أقراص بيترسن ١٦ مم (بوضع قرصين بينهما سلك)، وأعلام بلاستيكية ، وأرقام اسباكتى داخلية وغيرها.

٣ - دلائل الإنتاج Production Indices :

درست علاقة إنتاجية المياه بخصائص المياه المختلفة كالمساحة ، ومتوسط العمق، وأقصى عمق، وتطور الشواطىء، ومتوسط درجات الحرارة، وأعلى متوسط حرارى ، ومكونات المياه المختلفة (كمغذيات للطحالب التى تتغذى عليها الأسماك)، والجوامد الذائبة الكلية، والهوائم ، وحيوانات القاع، وصيد السمك، وذلك كدلائل للانتاج . وأبسط هذه النماذج دليل ريدر Ryder's Morphoedaphic Index (MEI) ومنه نحصل على محصول السمك (Y) بمعلومية الجوامد الذائبة الكلية (T) ومتوسط العمق (D`) من المعادلة :

$$Y = 2\sqrt{T/D`}$$

وهو دليل إنتاجى مفيد للتقدير السريع للمحصول، وإن كان كغيرة من هذه الدلائل لا يأخذ فى الاعتبار ديناميكية عشيرة السمك،إلا أنه يعطى مؤشرات عريضة تتطلب نموذجاً أخر أدق لحساب المحصول يأخذ فى اعتباره الكتلة الحيوية للعشيرة والنمو ومجهود الصيد والنفوق وقد يعبر عن هذا الدليل (MEI) كذلك بالمعادلة :

$$MEI = \frac{\text{Conductivity } (\mu \text{ mhos / cm})}{\text{mean depth } (\text{cm})}$$

أى نسبة التوصيل الكهربى (أو المواد الصلبة الذائبة) إلى متوسط العمق وذلك كمؤشر لانتاج السمك بالكيلو / هكتار / سنة. فقد اعتبر أن العمق عامل يحمل علاقة عكسية للكتلة البيولوجية والانتاج وغيره ، كما ترتبط الجوامد الذائبة الكلية بمستويات المغذيات، لذلك فإن هذا الدليل يجمع عديدا من العوامل المؤثرة على الانتاج العضوى ، فهو دليل يرتبط إيجابيا بانتاج السمك، كما يتأثر هذا الدليل بالجو والكتلة البيولوجية والانتاج.

العمـــر Age :

وهو عبارة عن الفترة الزمنية من الفقس أو الولادة وحتى الموت أو الصيد . ويختلف عمر الأسماك حسب نوعها ومناطق معيشتها ، فأسماك المناطق الدافئة سريعة النمو المستمر تكون أعمارها أقصر منه فى أسماك المناطق الباردة طويلة العمر . فهناك أسماك طول حياتها ٣ سنوات وأسماك أخرى عمرها ٥٠ سنة وأكثر كالحفش Sturgeon . فالأسماك التجارية كالقد والرنجة والبليس لها أعمار على الترتيب فى المتوسط ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ سنة ، ورنجة بحر الشمال تعيش ١٠ - ١٥ سنة ، وفى بحر النرويج ٢٠ - ٢٥ سنة (لأنها أكبر نوعا) . والسالمون فى المحيط الهادى يعيش ٢ - ٤ سنوات ، والبساريا ٣ - ٤ سنوات . فالتاريخ الطبيعى للسمك مهم لفهم حركة القطيع . ويعبر عن العمر عادة بالأيام لصغار الأسماك، بينما يعبر عنه بالسنوات للأفراد الأكبر عمرا . ويفيد تحديد العمر فى التنبؤ بطول الحياة، وتسجيل معدلات النمو، ومعرفة العمر عند النضج الجنسى، والعمر عند الهجرات الهامة، وفى معرفة الفترات الحرجة فى تاريخ حياة السمك . فأفضل تقيم للنمو أو التغيير فى حجم السمك يكون على أساسى معدل Rate Basis وليس كوزن مطلق، وعليه فالقياس الوقتى كالعمر يعتبر أساسياً فى دراسة النمو. فتحديد عمر السمك شيء أساسى فى قرارات إدارة المصايد والإجراءات اللازمة لتحقيق نتائج صالحة وحقيقية . فتحديد العمر فى السمك من أهم العوامل فى دراسة ديناميكية عشائر السمك فهو أساس لحسابات تؤدى إلى معرفة النمو والنفوق والأنتشار والعوامل الأساسية الأخرى للعشائر.

طرق تقدير العمر Methods of Determining Age

هناك طرق مباشرة تعتمد على الأسماك معلومة العمر ولو جزئيا ، وهذه الطرق المباشرة عادة لا تستخم مستقلة لكن تستخدم عادة لاختبار الطرق الأخرى غير المباشرة مثل توزيع تكرارات الأطوال Length Frequency Distributions والتدرج الشكلى Modal Progression المستخدمان فى تقدير العمر النسبى لصغار الأسماك . وهذه عادة تستخدم فى تأكيد طرق أخرى، خاصة تلك التى تعتمد على الأنسجة الكلسية فى تقدير العمر.

١ - **طرق مباشرة** : أدق تقدير للعمر فى الأسماك تحت ظروف التفريخ الصناعى والرعاية شبة الطبيعية فى الأحواض Ponds. ويمكن تقدير العمر بدقة بتخزين هذه الأسماك فى البيئة الطبيعية إذا اعيد صيدها والتعرف عليها ، ولذلك قد يستخدم معها علامات مرقمة Numbered Tags لتعليم الأسماك (فى زعانفها أو غطاء خيشومها أو فكوكها) منفردة أو بالوشم أو بالصبغ لتتبع عمرها . وهى طريقة مكلفة ومتسهلكة للوقت ومحددة القيمة لاعتمادها على عدد قليل والذى يكون لحد ما غير طبيعى لظروفه الصناعية فى الإخصاب والفقس والرعاية لجزء من حياة الأسماك، وكذلك لصيدها المتكرر وتداولها بيد الإنسان وقد تجرح أو تشوه Mutilate خاصة عند الترقيم فيؤثر كل ذلك على نموها الطبيعى خاصة لو قصرت طول فترة الدراسة.

٢ - **تحليل تكرار الطول وتدرج الشكل** : تستخدم من نهاية القرن التاسع عشر، ولا تفيد فى الأعمار الأكبر من ٢ - ٤ سنوات، ومن مساوىء هذه الطريقة أنه قد يتم الفقس فى أوقات غير منتظمة فيؤدى ذلك إلى إنتاج مجاميع متباينة الحجم فتختلف أعمارها المقدرة بهذه الطريقة ، كما أن جزء من أسماك نفس العمر قد ينمو تحت ظروف مغايرة فيندرج تحت مجاميع حجمية مختلفة، رغم أنها من نفس العمر، لذا تتطلب هذه الطريقة عينات عشوائية كبيرة من العشيرة، وقد تكون هى الطريقة الوحيدة لتقدير عمر الأسماك عديمة القشور أو إن كان صعب تفسير القشور والأجزاء الصلبة الأخرى. ولدقة النتائج ينبغى سحب العينة على فترات قصيرة لتقليل تأثيرات النمو الموسمية، وأن تحتوي العينة على مدى واسع من الأحجام وعدد كاف من الأسماك الأصغر فى العشيرة، وكل شكل ينبغى أن يعكس التجديد السنوى، فيساعد التدرج الشكلى فى تأكيد العمر، إذ يفترض أن منحنيات أشكال توزيعات تكرار الطول لعينة سمك تظهر عمر المجاميع . وقد ابتكر العالم الدنماركى بيترسن Petersen ١٨٩١هذه الطريقة لأول مرة لذا فتسمى باسمه ، وهى تفضل استخدامها للأسماك الصغيرة التى تتكاثر مرة واحدة فى العام، وتعتمد على قياس أطوال نوع معين من السمك ورسم المنحني البيانى للتوزيع الطبيعى بين الطول والتكرار (عدد الأفراد) . ولحدوث تداخل Overlapping بين مجاميع الأعمار المتقاربة فإنه ينبغى توفير الاحتياطات المذكورة عالية مع تأكيد العمر باتباع طريقة أخرى للتقدير.

٣ - **تفسير الأنسجة المتكلسة** : إذ أن جميع الأجزاء الصلبة للهيكل العظمى أو الأنسجة شبة (الصلبة) العظمية أو المتكلسة Calcified تنمو بزيادة طبقات أو حلقات نمو مستمرة طوال فترة حياة الأسماك، وتفسير حلقات الأنسجة العظمية هذه تعرف باصطلاح Osseochronometry وهى طريقة قد ترجع لأكثر من ٢٣٠ سنة وهى أكثر الطرق استخداما لتقدير عمر الأسماك، ويستخدم فيها القشور وأحجار الأذان والأشواك والأشعة الزعنفية والفقرات وغطاء الخياشيم والأسنان وغيرها من التراكيب العظمية. وتعتمد هذه الطريقة على وصف مبسط نظرى لمظهر التراكيب كليا أو جزئيا (على بداية النسيج ويتدرج إلى الحواف) وذلك بعد إعدادها ومعاملتها لفحصها بطرق مختلفة بعد ذلك لتفسير مختلف العلامات Checks وفترات الراحة Breacks أو التغيرات فى المسافات بين الدوائر Circuli على القشور Scales أو المناطق المختلفة (فى تراكيب متكلسة أخرى) بصريا على أساس جلائها أو شفافيتها النسبية Relative Translucency. ويعتمد تفسير هذه العلامات أو المناطق الشفافة علي استمرارها أو مداها وموقعها وجودة النسيج المرتبط. وتحدد العلامات أو الحلقات العمر بالسنين .

وتعرف الحلقة Annulus بأنها تحديد لعلامة موضعية دقيق لتقييم النمو (علي أو في التركيب المتكلس) مرتبطة بحافة حلقة مركزية في شكل علامة على القشور أو منطقة شفافة في تراكيب متكلسة أخرى يمكن كشفها في كل مناطق التركيب وتحدث سنويا وتسمح بتفسير نظام النمو في النسيج المتكلس لتفسر في شكل عمر. وعادة يعتبر كل حلقتين متعاقبتين تحددان سنة ميلادية من نمو النسيج المتكلس. وليس مفهوم بالضبط النظام الفسيولوجي الخاص المسبب لتكوين العلامات الشفافة والمناطق المعتمة (أي فترتي وقف النمو وزيادة النمو) ولا تعرف العوامل المسببة لتكوين هذه الحلقات إلا أنها تنشأ بفعل عدم انتظام النمو والميتابوليزم نتيجة التغيرت الموسمية في الغذاء وبرجة الحرارة والتبويض ، إذ أنه في الشتاء عندما يقل أو يقف النمو تعاني هذه الأنسجة من بعض إعادة الامتصاص Reabsorption من مكونات نهاياتها، وعندما يعاود السمك نموه في الربيع يحدث علامات واضحة تعرف بالحلقات والتي تستخدم في تحديد العمر. وهناك حلقات كاذبة False Annuli تختلف عن الحلقات الحقيقية في أنها عادة غير مكتملة وغير منتظمة وتوجد في جزء واحد فقط من التركيب وليست في كل التراكيب المتشابهة، كما أنها تحمل خصائص نوعية غالبا تدل على أنها لم تتكون في أثناء نقص النمو السنوي الأساسي.

وتفحص القشور تحت الميكرسكوب وقد تكبر ظلالها على شاشة ، بينما الأجزاء العظمية والأسنان والأشواك يجرى نشرها بمنشار جواهرجي لعمل قطاعات رقيقة ثم تلمع القطاعات لفحصها ، والعظام الدقيقة يمكن جعلها شفافة بالمعاملة الكيماوية ثم فحصها مباشرة . ثم تصنف العلامات لتحديد العلامات الحقيقية ، علما بأن الحيوانات قد لاتكون علامات في أول سنة من العمر كما قد تختفي العلامات في العمر الكبير ويصعب تحديدها . وتضاهى النتائج للعمر بنتائج تقدير العمر بطريقة أخرى ، وعادة يكون التركيب الحلقي معروف لكل باحث في مجموعة من الأنواع .

أ ـ القشور :

أشهر التراكيب الكلسية استخداما في تقدير أعمار الأسماك العظمية . وتبدأ القشرة بالجزء المركزي الممثل لصفيحة القشرة، ثم تتكون حولها دوائر أو حلقات ترتبط بالمواسم (من حيث درجات الحرارة والتغذية) كما ترتبط بالعمر. وليس هناك بديل عن الخبرة في قراءة القشور (رغم وجود قوائم بخواص القشور المستخدمة في تحدد العمر) ، إذ لكل نوع من السمك قشور ذات مميزات خاصة بها لا تعرف إلا بالملاحظة . ومن أسباب شيوع إستخدام القشور في تحديد العمر :

١ – هي أوفر في الوقت والأجهزة وأسهل أداء لتقدير عمر الأسماك حتى في المناطق الحارة.

٢ – سهولة الحصول عليها وبأعداد كبيرة دون الإضرار بالسمك.

٣ – تظهر حلقات العمر واضحة ومتناسبة مع حجم الجسم (طول الجسم يرتبط بالجذر التربيعي لمساحة القشرة).

٤ ـ سهولة حفظها وضغطها على الشرائح للفحص.

٥ ـ نفاذيتها للضوء وسهولة صبغها للفحص.

إلا أن استخدام القشور فى تحديد العمر يؤدى فى بعض أنواع السمك إلى تقديرات منخفضة جدا عن العمر الحقيقى، وسوء التقدير أشد فى أسماك المياه المالحة عنه فى أسماك المياه العذبة، لذلك يقدر العمر فى هذه الحالات باستخدام قطاعات من الأشعة الزعنفية لتحديد عمر الأسماك المعمرة، مع الاهتمام فى هذه القطاعات باختيار تركيب مناسب من الزعانف وأشعتها مع دقه زاوية وسمك التقطيع لدقة ظهور حلقاتها المحددة العمر. وعموما فإن أول استخدم للقشور فى تحديد عمر الأسماك كان فى سمك الميروك عام ١٨٩٨ ثم اتجهت الدراسات للأسماك البحرية لمدة ٣٠ سنة التالية، لكن حدث الآن تطور فى هذا الأسلوب بعمل بصمات بلاستيكية Palstic Impressions وبرامج كومبيوتر تؤدى إلى حسابات لعمر في الأسماك (من خطوط ارتداد) فى أقل وقت ممكن ورغم استخدام القشور فى تحديد العمر والنمو فى الأسماك البحرية منذ ما يقرب من القرن من الزمان فإن استخدامها فى أسماك الماء العذب بدأ فقط منذ نصف قرن وعموماً يجب أن يتوفر فى القشور المدروسة :

١ ـ ثبات عددها طول حياة السمك، لذا تؤخذ من أكثر مناطق الجسم حماية.

٢ ـ زيادة حجمها مع نمو جسم السمك (فى تناسب)

٣ ـ أن يكون تكوين حلقاتها سنويا وفى نفس الوقت من كل عام تقريباً .

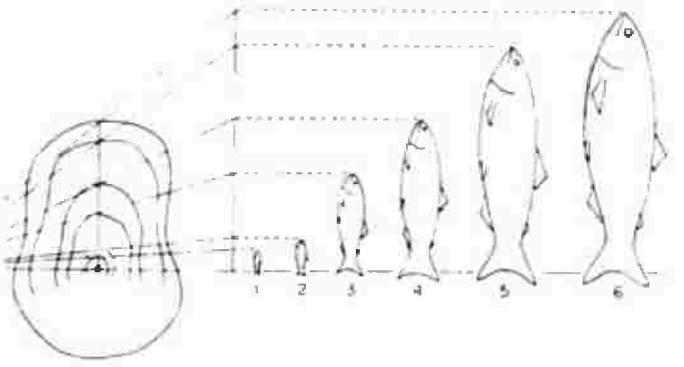
٤ ـ أن تكون قياسية فى تحديد العمر، لذا تحدد مناطق نزعها من على جسم السمك حسب كل نوع.

٥ ـ ثبات شكل القشور واحتواؤها على أقصى عدد من الحلقات ، بغض النظر عن حجمها الذى يرتبط بالنوع .

كما يلزم معرفة المعلومات البيئية الأساسية (كفترة التكاثر وموسم الأمطار ومستوى الماء ووفرة الغذاء وغيرها) وتاريخ حياة الأسماك لسهولة تفسير وتحليل عدم انتظام أشكال الحلقات على القشور. إذ قد ترجع علامات وقف النمو Growth Stop Marks فى قشور الأسماك إلى سلوك هجرة الأسماك المرتبطة بفترات عدم وفرة الغذاء أو لأوقات النضج الجنسى. ولدقة عد الحلقات فى فترة تجريبية محددة يمكن بدايتها بترقيم أو تعليم بيولوجى Biological Tagging أى بعلامات وقف النمو على القشور بفترة صيام قصيرة للأسماك فى بداية التجربة لتمييز الحلقات الجديدة التى تتكون خلال التجربة. ويجب تعريف القشور القياسية Standard Scales لكل نوع سمكى على حدة من حيث موقعها على جسم السمك وحجمها وشكلها. وفى معظم أنواع السمكم تظهر أول قشور بعد فترة ٢ ـ ٤ أسابيع من إخصاب البيض، وهناك نظام فى تكوين الحلقات Sclerites على القشور كل يوم أوكل يومين فى عديد من الأنواع ومن بينها البلطى.

وللفحص تجمع القشور القياسية وتحفظ جافة ونظيفة بين ورقتين لحين فحصها، وقد تنظف بالماء الدافىء مع استعمال فرشاة طرية لإزالة العالق بها من الأنسجة الأخرى، أو تنقع فى محلول مخفف من

الصودا الكاوية للتنظيف كذلك، وقد تعامل بنترات الكويلت وكبريتات الأمونيوم. وقد تغسل بالأيثانول ٧٠ ٪ ثم توضع في kaisers glyceringelatine تحت غطاء زجاجي، أو تصبغ بإحدى الصبغات المتوفرة ثم تفحص ميكرسكوبيا (وقد تؤخذ طبعتها أو بصمتها بضغطها على شريط بلاستيك من خلات السليلوز وتفحص هذه الطبعة بدلا من القشور ذاتها)، وقد تثبت القشور، على شرائح زجاج بالجلسرين والبلسم والصمغ العربي للفحص.



علاقة حجم (طول) الأسماك بنصف قطر قشورها

إحدى قشور أسماك السالمون توضح بؤرة (مركز) القشرة وحلقاتها السنوية

جهاز تكبير لعرض وقراءة وقياس قشور السمك

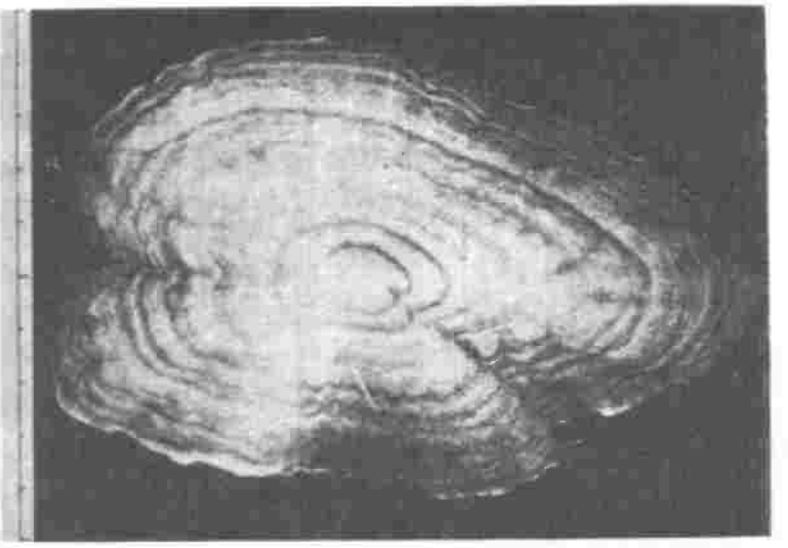
وطرز القشور Scale Patterns وتكويناتها Configurations خاصة بكل نوع سمكي لذا تستخدم في تمييز الأنواع .

لأعلى وعلى اليسار قشور أسماك عضلية الرئة ، وفي الوسط لأسماك هجين عضلية الرئة مع الكراكي الشمالي ، وعلى اليمين لأسماك الكراكي الشمالي ، لبيان اختلاف الطرز للقشور .
وفي الوسط بؤرة نفس القشور . ولأسفل ترتيب تكوينات حلقات نفس القشور .

ب - حجر الأذن Earstone (otolith) :

هو تراكمات كلسية فى التيه الغشائى للأذن الداخلية للفقاريات الدنيا أو فى أعضاء السمع، وهذه الأحجار أو الحصيات أو صخور الأذن توجد فى الأسماك العظمية وعددها ستة (٣ على كل جانب) ، والحجر المستخدم فى تقدير العمر هو Sagitta or Sacculolith والذى يقع فى كيس Sacculus الأذن الداخلية. ويستخدم لاختبار دقة تحليل القشور لتقدير العمر (والعكس أى تستخدم القشور لتأكيد تحليل أحجار الأذان).

ويستخدم الإشعاع الضوئي وانعكاسه لتحديد النموات العظمية وعلاقتها بالعمر وتميز الحلقات السنوية بأرقام رومانية تدل على العمر بالسنين. واستخدام حجر الأذان لا يفيد كثيرا في تحديد عمر الأسماك المعمرة بسبب اندماج الإضافات العظمية مع بعضها . وقد تستخدم كذلك حجم أو وزن هذه الأحجار فى تحديد عمر بعض أنواع الأسماك، لكن الأغلب فيها تقدير العمر بعد الحلقات اليومية علي حجر الأذان خاصة في مراحل النمو الأولى الي تتكون خلالها بانتظام بدون ارتباط بطول السمك وقطر حجر الأذن ، إلا أنها طريقة تتطلب تجهيزات معقدة عن طريقة تحليل القشور، ولا يؤخذ عدد حلقات حجر الأذن فقط فى الاعتبار فى تحديد عمر الأسماك بل كذلك المسافة بين هذه الحلقات المتعاقبة Length Increment على نفس الحجر ومعظم الأسماك البحرية لها علامات واضحة على حجر الأذن، وهذه العلامات قد تكون سنوية فى بعض الأنواع ولا سنوية فى أنواع أخرى، والبعض الآخر ليس على حجر أذنه أى علامات واضحة ، وحجر الأذن للأسماك القطبية تختلف عنه فى أسماك المناطق المعتدلة ، لذلك نصح باستخدام العلامات اليومية، على حجر الأذن فى تحديد العمر. والمظهر العام لحجر الأذن شفاف Hyaline مع وجود مناطق رقيقة غير شفافة Opaque، ودراسة حجر الأذن بالميكرسكوب الألكترونى توضح تراكيبه المنشورية من مادة بللورية تجرى فى أشعة من مركز الحجر إلى الخارج جهة الحافة، وكل منشور بللورى يتركب من ألياف بللورية تتركب هى الأخرى من بللورات صفراء مرتبة بطول محاور النمو. وتؤدى الاختلافات الإيقاعية فى ترسيب البللورات الصغيرة والمواد العضوية المحيطة Matrix فى دائرة يومية تؤدى إلى تكوين زيادات نمو يومية، وكل زيادة تتكون من وحدة مستمرة وأخرى غير مستمرة، ويؤدى حجم واستمرارية البلورات الصغيرة إلى تكوين هذه الوحدات معتمدة على معدل النمو. وقد توجد تناقضات بين تقدير العمر من حجر الأذن وبين العمر المقدر من القشور فى بعض الأسماك ، بلغت هذه الاختلافات حوالى ٥١ ٪ إلا أنها انخفضت لنفس نوع السمك من موقع آخر إلى ٦٪ فقط، لذا قد ترجع هذه الاختلافات إلى تباين الغذاء بين الأجسام المائية المختلفة. وقد تستخدم نسبة العناصر (كنسبة الاسترانشيوم إلى الكالسيوم) المتحصل عليها بالميكرسكوب الألكترونى باشعة إكس لأحجار آذان سمك الثعبان لتقدير العمر.



حجر أذن لأحد أسماك القوابع Halibut عمر ١٢ سنة

جـ - تراكيب عظمية أخرى :

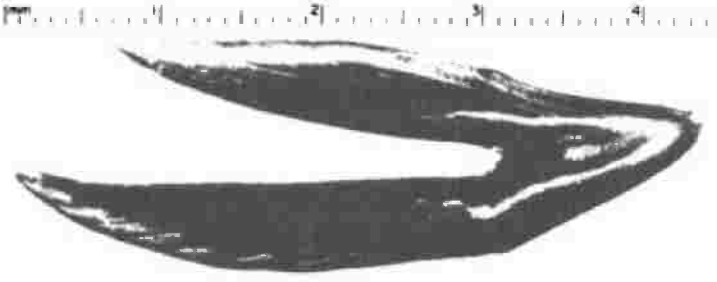
استخدم Mann,1976 عظام الغطاء الخيشومي Cpercular Bones لأسماك الكراكي pike في تحديد العمر والحساب الرجعي للنمو Back Calculated Growth . كما وجد Mc Farlane & Beamish , 1987 أن الحلقات المتكونة على الأشواك الظهريـة في سمك كلب البحر الشوكي Spiny Dogfish بعد تعليمها (صبغها) بالأوكسي تتراسيكلين oxytetracycline (الذى تحقن به الأسماك بمعدل ٥٠ مجم/كجم) تتماثل مع تلك الأسماك الحرة بدون تعليم وقد اعتبر أن تحديد العمر بهذه الطريقة مقبول لهذا الأسماك . وأوضح Cailliet &Radtke,1987 أن أسماك القرش يمكن تسنينها باستخدام الشرائط الشفافة والمعتمة في مراكز فقراتها وذلك باستخدام التحليل بالميكرسكوب الالكتروني للكالسيوم والفوسفور فيها ، فقد كانت عدد المنحنيات في تركيزات الكالسيوم والفوسفور مساوية لعدد شرائط النمو المعتمة المقدرة من صورة أشعة إكس أو من القطاعات الفقارية . إلا أنه كما تندمج حلقات حجر الأذن وتتزاحم عند الحافة ، فإن العمود الفقرى كذلك لا تنمو أجزاؤه المختلفة بنفس النسب . لذلك فإن بعض قطاعاته تكون مضللة في تقدير العمر .

وتستخدم أكبر عظام الحزام الكتفي cleithra في أسماك الكراكي في تقدير عمرها كذلك ، ووجد أن مناطقها المعتمة تتكون أسرع مما تتكون المناطق الشفافة . فهذه المناطق في الأنسجة الكلسية تعكس التغيرات في معدل النمو، فمقارنة هذه المفاصل متماثلة الحجم من عشيرتين نجد أنها للأسماك بطيئة النمو تنفذ ضوء أكثر لأنها بها مناطق شفافة أكثر وأعرض ، كما أن المناطق المعتمة كانت أقل سمكا . وتزيد الكثافة النوعية والرماد لهذه المفاصل بزيادة عمر السمك وبانخفاض معدل النمو. وكان المحتوى النيتروجيني

مرتبطا عكسيا مع الكثافة النوعية والرماد، فكان مرتفعا في المفاصل الأصغر ويزيد بزيادة معدل النمو.

وثبت أن المناطق الشفافة تحتوى على كالسيوم ومحتوى غير عضوى كلي أعلى مما فى المناطق المعتمة ، كما أن الكالسيوم والمحتوى غير العضوى الكلى فى كلا المنطقتين (شفافة ومعتمة) يزيد بزيادة العمر وبانخفاض معدل النمو . ويتناسب محتوى الكالسيوم والمعادن الكلية عكسيا مع الكثافة الضوئية، فهناك مناطق ضوئية وكيماوية مرتبطة بالعمر. وتؤكد الأبحاث على أهمية ميتابوليزم البروتين فى التأثير على

صورة مكبرة لقطاع طولى فى حجر أذن (تدريز سهمى Sagitta) فى حنشان أمريكى طوله ٨٠ سم ووزن ١,٢١ كجم وعمره ١٦ سنة تظهر عليه المناطق كما لو كانت على سطح حجر أذن .



قطاع طولى فى ناب Canine tooth مجل بحر Seal ذكر عمره ٩ سنوات

نمو النسيج المتكلس ومناطقه الضوئية من خلال تخليق الأرضية Matrix البروتينة، وعليه فأى عامل يؤثر على معدل النمو التراكمى Appositional للأرضية البروتينية للنسيج المتكلس سيسجل فى شكل اختلافات تكلسية.

صلاحيات طرق تقدير العمر :

قد تكون إجراءات وتفسير طريقة معينة صالحة لأنواع سمكية معينة تحت ظروف خاصة، ولا ينبغى افتراض صلاحية نفس الطريقة لأنواع وظروف أخرى. كما أن تغييرات الظروف المؤثرة على معدل النمو تستوجب إعادة تأكيد صلاحية الطرق المختلفة للأنواع المختلفة، فعملية تحقيق صلاحية طريقة تقدير العمر يجب أن تكون عملية مستمرة، ويتم هذا التأكيد بمقارنة عدة طرق لتقدير العمر معا، وأيضا بفحص تراكيب أسماك معلومة العمر وتعيش فى بيئة طبيعية أو فى الأسر تحت ظروف شبة طبيعية.

وهناك أرتباط جيد بين العمر المقدر من التراكيب الكلسية والعمر الحقيقى للسمك الصغير العمر والسمك سريع النمو، ثم يظهر الفرق بين العمرين (المقدر والحقيقى) بزيادة العمر وخفض معدل النمو، إذ يصير العمر المقدر من القشور أقل من الحقيقى فى الأسماك الأكبر عمرا والأفراد الأبطأ نموا.

ولاختبار دقة طريقة التركيب المتكلس لتقدير العمر والنمو هى تعليم Labelling النسيج المتكلس وذلك بصيد السمك وترقيمة ثم حقنه بمرقم Marker مثل الفلورو كروم Fluorochrome أو التتراسيكلين ثم ترك السمك فى الماء ليصاد مرة أخرى بعد فترة معلومة لفحص الأنسجة الكلسية المعلمة بالمرقم لبيان ارتباط تركيبها بالمدة الزمنية المنقضية بين ترقيمها وإعادة صيدها، ويجب إجراء اختبار صحة تقدير العمر لكل مجموعة عمرية معروفة . ونظراً إلى أن السمك معلوم العمر ليس متوفرا دائما، لذلك تستخدم طرق غير مباشره لتأكيد العمر المقدر، مثل توزيعات تكرار طول السمك المرتبط بعمر السمك. ومن طرق تأكيد العمر المقدرة كذلك استخدام بعض الظروف البيئية والفسيولوجية المعروف عنها ارتباطها الدقيق بالعمر كما فى أول النضج الجنسى والتبويض عندما يحدث فى عمر معين.

تقدير عمر الأسماك الاستوائية :

يعد تقدير العمر والنمو أكثر صعوبة للأسماك من المناطق الاستوائية عنه لأسماك المناطق المعتدلة، فتوزيعات تكرار الطول تعتبر عادة أقل فائدة لكثير من الأسماك الاستوائية لطول فترات وضع بيضها ، ويزيد تأكيد ذلك خاصة فى الأسماك الأستوائية الصغيرة.

فقد وجد من أنواع البلطى في بحيرة فيكتوريا ما يحتوى على قشور غير منتظمة الاستدارة، علاوة على أن حلقاتها لا تتماثل مع حلقات القشور للأنواع من المناطق المعتدلة، وذلك للتغيرات البيئية السنوية فى المناطق الاستوائية التى تؤدى أحياناً إلى ظهور حلقات نمو قد تظهر التغيير الحاد فى نوعية المياه من ماء شروب Brackish إلى ماء عذب Fresh فى موسم الأمطار.

كما أن بعض أسماك نيجيريا لا تظهر قشورها علامات لكن غطاء خيشومها يحتوى علامات تظهر بنظام سنوى بعضها مرتبط بموسم المطر (يونيه / يوليه) وقلة الغذاء والبعض الآخر مرتبط بانخفاض درجة الحرارة فى الشتاء (يناير) . ونفس هذه الملاحظات سجلت على ستة أنواع سمكية فى المكسيك.

ومع ذلك فلأسماك المناطق الاستوائية أنسجة متكلسة تحتوى على علامات ومناطق يمكن استخدامها فى تقدير العمر بدقة ، لكن المهم تحديد نوع النسيج هذا ومواقعة القياسية الدقيقة وخواصه الثابتة وذلك لكل نوع على حدة، سواء كانت قشورا أو أحجار أذان أو غطاء خيشومياً أو غيرها.

الجهاز العظمي أو الهيكلى Skeleton

فى الأسماك الغضروفية يتكون الهيكل من غضاريف ، ويكون الجمجمة (قرنيوم ومحافظ حس وأقواس حشوية) والعمود الفقرى (منطقتى الجذع والذيل) ذو الفقرات مقعرة الوجهين ثم الحزامان (صدرى وحوضي) والزعانف، وفقرات الجذع تحمل ضلوعا . بينما الأسماك العظمية لها هيكل كما فى الأسماك الغضروفية لكنه عظمى، فالجمجمة كثيرة العظام الكلسية أو الغشائية أوالمعوضة، فالجمجمة متطورة ومتخصصة وتحمل أسناناً فكية، والعمود الفقرى يحمل عادة ضلوعاً علي كل فقرة فى منطقة الجذع، كما يوجد حزام الحوض فى معظم الأسماك فيتصل مفصليا بالزعانف الحوضية، ومعظم الأسماك لها زعانف صدرية وحوضية.

النفوق Mortality :

معرفة معدل النفوق شيء أساسى لإدارة مصايد الأسماك، فمن المهم التحكم فى النفوق الذى يتسبب فيه الإنسان ، ولكل نفوق سبب ، فالنفوق الطبيعى فى السمك مرتبط كذلك بتناسل أنواع عديدة والتى توضح أنه بزيادة الحجم تكون المناسل نسبه أكبر من وزن الجسم، وفى الأسماك الأكبر عمرا وحجما يفقد جزء كبير من طاقتها فى عملية التناسل وتكون السبب الأهم فى النفوق ، أى تزيد نسبة النفوق الطبيعى بزيادة العمر. ويجمع مسببات النفوق الطبيعى معا فيفترض ثبات نسبة النفوق الطبيعى سنوياً. وعادة يفرض أن النفوق يرجع للصيد بجانب النفوق الطبيعى.

وغالباً يقل عدد السمك فى أى عشيرة معينة بمعدل يتناسب مع عدد الأسماك الحية فى أى لحظة معينة، فمعدل التغيير لعدد من الأسماك (dN) فى زمن ما (dt) يتناسب (Z) مع العدد الموجود (N) فى هذا الزمن، ويعبر عن ذلك بالمعادلة :

$$dN / dt = -ZN$$

والإشارة السالبة تشير إلى نقص العدد، أى أن عدد السمك الحى (Nt) بعد زمن (t) مساوى لعدد الأسماك فى زمن يساوى صفرا (No) مضروبا فى اللوغاريتم الطبيعى (e) مرفوعا للأسس السالب للنفوق الكلى (Z_t) بعد هذا الزمن والذى يستمد من نسبه الحيوية Survival Rate (S) (وهى نسبة عدد السمك

الحي في نهاية فترة ما، مقسوما على عدد الأسماك في بداية الفترة) مع جعل الإشارة بالسالب فتكون المعادلة :

$$N_t = N_0 e^{-zt}$$

وتكون قوة النفوق الكلى (Z) مساوية لنفوق الصيد (F) والنفوق الطبيعى (M)

$$Z = F + M$$

أى أن عدد الأسماك الحية :

$$N_t = N_0 e^{-Ft} e^{-Mt}$$

ويلاحظ أن الحيوية تساوى احتمال الحياة لفترة زمنية معينة، أى تساوى احتمال مالم يصاد من الأسماك مضروبا في احتمال ما لم ينفق طبيعيا . فالنفوق مكمل للحيوية فإذا كان النفوق (A) فإن :

$$A = 1 - S$$

حيث إن :

$$S = e^{-zt}$$

وتقديرات الحيوية والنفوق المتوقع من الصيد تشكل اساساً لعديد من برامج الرعاية. والتى يفترض فيها ثبات النفوق الطبيعى، وقد تكون الحيوية والصيد ثابتة القيم، أو ربما تتغير الحيوية وتشير إلى عدم ثبات الصيد على مدار العام.

وقد تصير عملية تقدير الحيوية شيء معقد عند اختلاف الحيوية باختلاف السنين ، فاختلاف درجات نجاح الصيد بين السنين يؤدى إلى اختلاف نسبة نفوق الصيد ومن ثم إلى اختلاف معدل الحيوية.

وقد تستخدم قوة نفوق الصيد فى حساب المحصول السمكى. والنفوق الطبيعى يقدر بطرق حسابية من ديناميكية عشائر الأسماك ومن بينها :

١ ـ طرق تحليل الصيد Catch - Analysis Methods : وتعتمد على قياس النقص فى وفرة (نسبيا أو مطلقا) مجاميع الأسماك فى أثناء فترتين (أو أكثر) متعاقبتين. وتميز المجاميع من حيث الحجم (طول أو وزن) والعمر والجنس والموقع وموعد الصيد أو بعض العلامات المميزة، وأكثر طرق التمييز للمجاميع على أساس العمر وقد يعتمد هذا الإحصاء على عينات بسيطة غير معلمة ، أو على الترقيم وإعادة الصيد.

٢ ـ طرق تاريخ الحياة Life - History Methods وتتوقف على الملاحظات، إذ يرتبط النفوق الطبيعى بشدة بمقاييس تاريخ الحياة كمعدل النمو، والعمر عند النضج الجنسي، والفقد بالتناسل، وأقصى عمر، وأقصي وزن جسم، وأقصى طول جسم، وعلاقة الطول بالعمر عند النضج

الجنسى. وتوجد معادلات تحليلية تعتمد على العلاقات النظرية بين هذه المقاييس ، كذلك يمكن استنتاج معادلات وضعية للنفوق الطبيعى مع واحد وأكثر من هذه المقاييس.

٣ ـ طرق الافتراس Predation Methods : وقد يحلل فيها أفراد فقس واحد لنوع منفرد من السمك، أو يمتد التحليل ليشمل عدة أنواع تتضمن المفترسات الأساسية وتحليل أفراد الفقس الواحد لنوع منفرد Single Species Cohort Analysis يستخدم لتقدير وفرة العشيرة Population Abundance والقيم السنوية لمعدل نفوق الصيد لمجموعات منفردة من السمك (مجاميع سنوية) . وسواء فى تحليل نوع أو عدة أنواع فإن هذه الطرق تؤدى إلى إعطاء تقيم للنفوق الطبيعى كمجموع معدلات النفوق الغير راجعة للصيد، علاوة على أنها توضح فريسة كل نوع من المفترسات الأساسية والتى بقياس أحجام الفريسة والمفترسات المختلفة يمكن تقدير مكون الافتراس فى النفوق الطبيعى.

وأول هذه الطرق (تحليل الصيد) هى الطريقة الوحيدة المستخدمة عمليا بكثرة وذلك بتطبيق المعادلة :

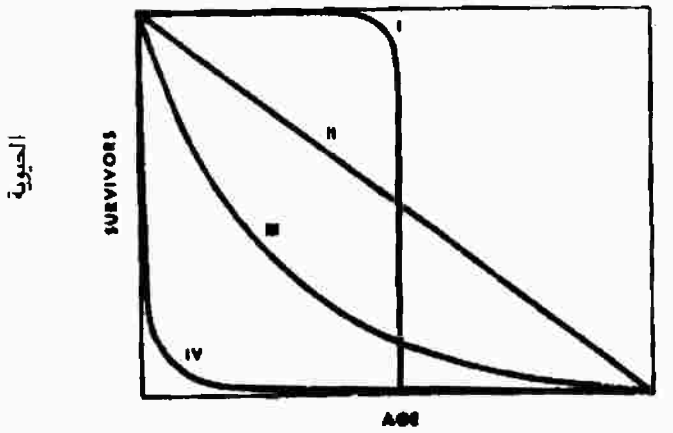
$$Ni = N_{i+1} + Ci ((Fi + M) / Fi$$

حيث (Ni) حجم القطيع ، (Fi) نفوق الصيد ، (Ci) الصيد ورغم افتراض ثبات النفوق الطبيعى فى أى عشيرة لكل الأعمار، فإن النفوق الطبيعى يتباين باختلاف العمر والكثافة والأمراض والطفيليات ووفرة الغذاء والمفترسات وبرجة حرارة الماء وضغط الصيد والجنس والحجم. وعموماً ترتفع نسبة النفوق الطبيعى خلال مرحلتى البيض واليرقات (٢ : ١٠ ٪/يوم فى اسماك موسى وعائلة الرنجة مثلاً) وتقل فى فترة الزريعة وتثبت نسبياً خلال الأعمار الناضجة ثم تزيد ثانية بالشيخوخة أو الكبر Senescence . وطريقة

معدل النفوق الطبيعى لبعض الأسماك

نوع السمك	الجسم المائى	الجنس	العمر بالسنين	النفوق
القد (بكلاة)	بحر الشمال	-	١ - ٠,٥	١,٥ - ٠,٦
موسى	بحر الشمال	إناث	٥ - ١٣	٠,٠٨
		ذكور	٥ - ١٣	٠,١٤
السمك الأبيض	بحيرة أوبيونجو	-	٦ - ١٣	٠,٥٣
	بحيرة نولتين	-	١٣ - ١٥	٠,٨٣
	بحيرة مكرونالد	-	٩ - ١٠	١,٦٦
فرخ الصخر	بحيرة نبيش	ذكور	١٠ - ١٢	٢,١ - ١,٥
		إناث	١٠ - ١٤	١,٦ - ١,١
		ذكور وإناث	١٠ - ١٤	٢,١ - ١,١

تحليل بيانات الصيد تواجهها كذلك مشاكل اهمها مشاكل اخذ العينات والهجرة ونفوق الصيد ونفوق ترقيم السمك مما قد يضلل النتائج .



منحى حيوية السمك ممثل فى اربعة طرز فرضية، المنحنى الأول نمط فسيولوجى فيه تقريباً كل النفوق يحدث فى عمر معين (كما فى المجاميع المعملية)، والمنحنى الثانى يصف تأثير نسبة نفوق سنوية ثابتة من العدد الأصلى، والمنحنى الثالث ينتج من جزء ثابت من العشيرة المتماثلة (المتبقية فى بداية كل مرحلة عمرية) والنافقة فى كل مرحلة عمرية متلاحقة، والمنحنى الرابع نتيجة نفوق مبكر شديد يعقبه انخفاض شديد فى النفوق بعد ذلك.

الفصل الثالث
الجهاز الهضمى والتغذية

القناة الهضمية فى معظم الأسماك بعد فقسها أو مولدها تكون عبارة عن أنبوبة بسيطة ، وبعد امتصاص المح وبداية التغذية تنقسم بسرعة هذه الأنبوبة حتى تتكون القناة الهضمية (التى تظل مدى الحياة) فى خلال أسابيع قليلة ، وهى الجهاز المتعامل مع الأغذية .

الجهاز الهضمى Digestive System

تتباين بشده القناة الهضمية (الغذائية) Alimentary (Digestive) Canal (Tract) فى الأسماك من الناحية المورفولوجية (شكلها الخارجى) والتشريحية والفسيولوجية (وظائف أعضائها) عما هى عليه فى الحيوانات الثديية ، كما وأنها تتباين من هذه النواحى بين أنواع السمك المختلفة كذلك .

التشريح Anatomy :

من المستحيل تعميم أى تفاصيل نظرا للتباين الشديد بين الأسماك والذى سيتضح من العرض التالى.

١ - الفم Mouth أو المعى الرأسى (Head Gut (Head Intestine : ليس فقط أول جزء من الجهاز الهضمى ، بل أيضا مكان للتنفس ، حيث يدخل الماء المذاب فيه الأكسجين خلال الفم ويخرج من فراغ الفم عن طريق الخياشيم ، وتحمل أقواس الخياشيم أمشاطا خيشومية متجهة إلى فراغ الفم مما يمنع دخول الطعام إلى الخياشيم ، وقد تكون هذه الأمشاط متفرعة ودقيقة فى الأسماك آكلة البلانكتون لتصفيته من الماء ، وقد تكون الأمشاط هذه عاملا مساعدا فى تكسير الأغذية الأخشن ، إذ تقوم هذه الأمشاط (أشواك) الخيشومية بعد تصفية الهوائم النباتية وحجزها تقوم بدفعها إلى المعدة أو بتمزيق الهوائم الحيوانية . وفى الأسماك عديمة الفكوك خياشيم جرابية تتكون داخل الأقواس الخيشومية تخلق تيار ماء لايعتمد على الفم حتى يسهل التنفس والسمك ملتصق بفمه على العائل . ويختلف حجم الفم كثيرا طبقا للعادات الغذائية ففتحته صغيرة فى آكلات القشريات الدقيقه كالسمك الأبيض ، بينما فى المفترسات كالكراكى فلها فتحة عريضة ، كما أن آكلات البلانكتون التى تتطلب ابتلاع كميات كبيرة من الماء فلها فم واسع ، وأسماك مثل الحفش جاروفى الأنف Shovel-nose Sturgeon لها فتحة فم أوسع من أعرض قطاع فى جسمها . وتحاط فتحة الفم عادة بشفاة سميكة غير عضلية فهى غير متحركة . وتختلف مواقع فتح الفم حسب طبيعة التغذية . ولسان السمك قد يغيب وقد يكون صغير غير متطور وعادة غير متحرك . ولايوجد فاصل بين الفم والبلعوم Pharynx ولعدم تميزهما عن بعض يطلق عليهما معا الأمعاء الرأسية (التى تشمل أول جزء من المرىء كذلك) أو التجويف الفمى البلعومى أو المعى الأمامى Foregut والتى قد

تحمل أسناناً Teeth متباينة جدا ، إذ أن بعض الأسماك يعوزها الأسنان ، والبعض الآخر يمتلك عددا كبيرا منها . والأسنان فى الأسماك تتشابه فى طريقة بنائها مع أسنان الفقاريات الأرقى إلا أنها تختلف فى تركيبها الكيماوى وشكلها الدقيق ، والأسماك ينقصها تماثل البناء السنى ، وطبقة المينا Enamil ليست منشورية لكنها ليفية (لاتشبه سينا أسنان الثدييات) غنية بالمادة العضوية .

فالأسماك آكلة القشريات والرخويات لها أسنان قصيرة كثيفة ، وآكلات الهوائم الحيوانية أسنانها أقل تطورا ، وأسماك الشعب Reef Fishes كأسماك الفراشة Butterfly Fishes لها فم دقيق ذو أسنان دقيقة قاطعة بارزة لقضم المرجان ، بينما أسماك الببغاء Parrot فلها منقار بارز قوى بأسنان مغزلية تمكن من تناول المرجان بكسر رؤوس المرجان بقوة . فيتوقف شكل الأسنان على العادات الغذائية ، فالمفترسات لها أسنان نابية Canine تمكنها من القبض على الفريسة فهى متجهة للخلف ، بينما أسماك القنفذ وغيرها مما يكسر المرجان والمحار فلها ٢ - ٤ أسنان كبيرة كما لها طواحين غير حاده . وتقوم الأسنان البلعومية (سقفية وقاعية) بفرم الغذاء .

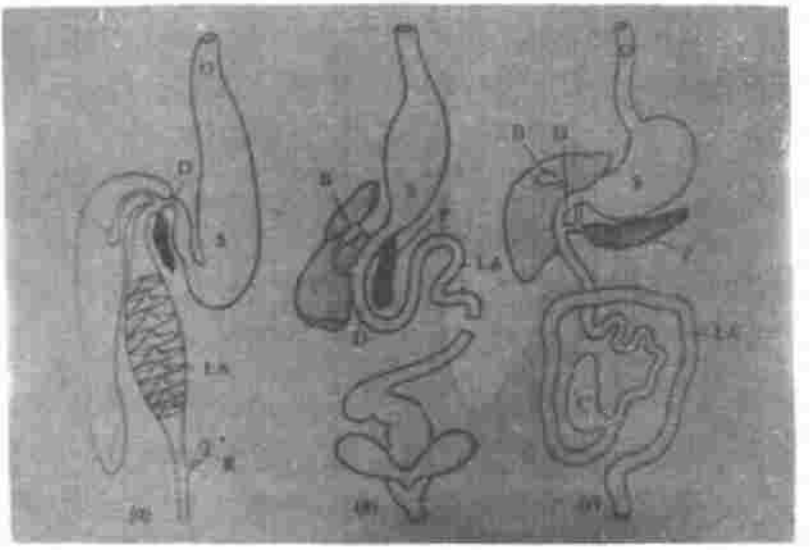
وقد تتواجد الأسنان على مختلف الأجزاء العظمية فى الفم خاصة الفكين ، وقد تحمل الأقواس الخيشومية كذلك أسنانا حقيقية بل وقد يحمل اللسان والحلق Throat أيضا أسنانا . وتستبدل الأسنان التالفة على مدار العمر . والأسماك عديمة الأسنان الحقيقية لها أسنان كاذبة تتكون من الكيراتين (قرنية) . ويلتقط الغذاء وأحيانا يبلع كاملا كأجزاء متكاملة كما فى الكراكى ، أو تمسك الفريسة بالأسنان ويلتف الجسم كاملا لتفتيتها كما فى القروش .

والأسماك آكلة العشب أسنانها عبارة عن كباشات خيشومية تفربل النباتات الميكرسكوبية من الماء ، بينما الأسماك آكلة اللحوم أسنانها متطورة تمسك وتمزق كما أن لها كباشات خيشومية متطورة لمسك وإعادة وبشروجرش غذائها . فالأسنان تستخدم فى مسك الغذاء وطحنه أو تقطيعه أو مضغه أو ابتلاعه ، وذلك حسب التحورات فى شكل وترتيب وأماكن وجود الأسنان لتوائم نوع التغذية ، ويتغير نظام التسنين Dentation بتطور العمر والعادات الغذائية . وليس للأسماك غدد لعابية فى شكل عضوى إلا أن طلائية الفم وتجاويف الخياشيم لها عدد كبير من الخلايا الغدية المفردة المنتجة للمخاط (خلايا جوبلت Goblet Cells) لتطرية الطعام ويسهل بلعه .

٢ - المرىء Esophagus (Oesophagus) or Gullet : له فتحة قوية فى أسماك المياه العذبة عنه فى أسماك المياه المالحة لأن الأخيرة تبتلع الغذاء ومعه ماء البحر فى حين أن أسماك المياه العذبة تتخلص من الماء الزائد لحفظ أسموزيتها . ويصعب تحديد نهايته وفى حالة عدم وجود معدة يفتح المرىء مباشرة فى المعى الأوسط Midgut أى فى الأمعاء . ويحتوى المرىء على غدد أو خلايا مخاطية وقد توجد أحياناً غدد معدية Gastric على الجزء الخلفى من المرىء خاصة ، إلا أن الحويصلات الليمفاوية لاتوجد بشكل دائم فى مرىء الأسماك بينما قد توجد براعم تذوق Taste Buds . وفى الأسماك المفترسة يمتد المرىء لدرجة كبيرة مما يمكنها من ابتلاع فريسة يصل طولها أكثر من نصف طول السمك

ذاته ، وذلك لوجود نظام خاص من الجيوب أو الثنايا ذات ألياف سائبة تسمح للثنايا بأن تتحرك فى أثناء البلع . وفى الأسماك ذات المثانة الهوائية قد يكون لبعضها ممر هوائى Physostomi بين المثانة الهوائية والمعى الأمامى والذى قد يفتح ظهريا فى المرىء عادة ، إلا أنه يفتح فى المعدة فى كل من أسماك الحفش والرنجة ، وإن كان للرنجة قناة ثانية لمثانة العوم تفتح فى الشرج Anus وتحدث صوتا عند طردها للهواء خلال هذه الفتحة . وقد تقوم جيوب المرىء بتخزين الغذاء وتقطيعه وطحنة بأسنانها ، ويبدأ فيها الهضم لوجود الغدد المعدية .

٣ - **المعدة Stomach** : قد تغيب فى عدد من الأسماك التى يكون بها جزء من الأمعاء منخفض PH لاحتوائه خلايا غدية . ويتباين شكل المعدة كثيرا ، فقد تكون بسيطة جدا كما فى الكراكى فهى أنبوبة غير محددة الأطراف ولاتميز إلا بدراسة نسيجها وقياس PH . وفى معظم الأسماك تأخذ المعدة شكلا من الحروف اللاتينية مثل (V) أو (U) بفرع هابط وآخر صاعد (أى فؤادى Cardiaca وبوابى Pylorica على الترتيب) . ، وقد يكون قطرها مساويا لقطر الأمعاء كما فى التراوات ، أو أن تكون أسمك من الأمعاء كما فى السمك الأبيض . وقد تأخذ المعدة شكل حرف (Y) أى ذات كيس أعورى Blind Sac ، وقد يكون الفرع الأعورى رقيقا جدا ويشبه المخروط كما فى الحنشان أو يأخذ شكل جيب عريض يأخذ شكل محتوياته فلا يتعرف عليه بسهولة إن كان فارغا ، بينما يصل إلى حجم كبير عند امتلائه كما فى سمك الفرخ Perch . وفى قراميط القنوات تأخذ المعدة شكل حرف (J) بمنطقتين إحداهما بشكل كيس كبير تحتوى غددا معدية والأخرى بوابية صغيرة غير غدية . ولاتحتوى المعدة على غدد فؤادية ، وتتشابه الغدد المعدية للأسماك مع مثيلتها للثدييات من حيث كونها أنابيب منغمسة فى النسيج الضام تحت المخاطى، إلا أنها ليست كما فى الثدييات والطيور من حيث انتشارها إذ تتجمع فى كتل غدية ، وإن شذت بعض الحالات عن تلك القاعد . وتقوم الخلايا الغدية بإفراز حمض الهيدروكلوريك والإنزيمات الهاضمة والمخاط ، بينما فى الثدييات تقوم خلايا بإفراز الحمض وأخرى بإفراز الإنزيمات . وفى بعض الأسماك كالبورى والحفش وسمك اللبن والرنجة توجد معدة عضلية قوية ذات خملات صغيرة وعديمة الخلايا الغدية ، ويتحد النسيج الضام تحت المخاطى مع النسيج تحت المخاطى مكونا أليافا كولاچينية كثيفة ، وعلى ذلك فهذه المعدة ليس لها وظيفة كيماوية بل ميكانيكية بتفتيتها للغذاء ، فهى فى الحقيقة قانصة Gizzard ، وإن كانت معظم هذه الأسماك معدتها مجزأة (فؤادية ، بوابية) أى تختصر عملياتها الكيماوية فى الجزء البوابى فقط ، لأن الجزء الفؤادى من المعدة قانصة . وتختلف سعة المعدة بالنسبة لوزن الجسم باختلاف الأنواع ، فهناك أنواع سمكية حجم معدتها ٨ مل / ١٠٠ جم وزن حى ويمكنها أن تبتلع حتى ١٠ ٪ من وزن جسمها فى الوجبة ، وهناك أنواع عديمة المعدة يمكنها استهلاك حتى ٢١٪ من وزن جسمها فى الوجبة ، بينما أسماك القديات Sculpins ربما تبتلع ٣٠ - ٥٠ ٪ من وزن جسمها فى وجبة واحدة .

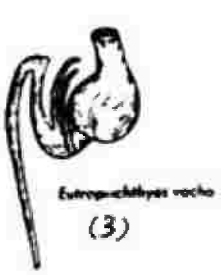


مقارنة القناة الهضمية في :

a) سمك الكلب　b) الضفدعة　c) الثدييات　o) المرىء　s) المعدة

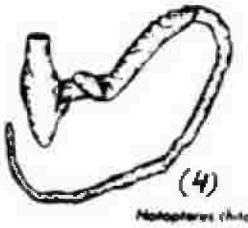
D) الأثنى عشر　p) البنكرياس　B) المرارة　L) الكبد

R) غدة المستقيم　C) الأعور　LA) الأمعاء الغليظة



(3)

(2)



(4)

(1)

مقارنة القناة الهضمية لأربعة أنواع من أسماك المياه العذبة الهندية شديدة الاختلاف الظاهري حسب نوع غذاء السمك .

(١) من اكلات العشب تأكل الطحالب والنباتات الغضة . (٢) من آكلات كل شيء لكنها تفضل النباتات .

(٣) من آكلات كل شيء لكنها تفضل اللافقاريات الكبيرة . (٤) من آكلات اللحوم وتفضل القشريات الكبيرة والحشرات والأسماك.

٤ – المعى الجزعى Trunk Gut : قد يصعب فى كثير من الأحيان بل قد يستحيل التمييز بين الأمعاء الدقيق (المعى المتوسط Midgut) والأمعاء الظيظة (المعى الخلفى Hindgut) فى الأسماك ، لذا يطلق عليهما معا المعى الجذعى عادة ، وإن كان يمكن تمييزها فى القراميط تشريحيا ، كما يوجد صمام حلزونى بينهما فى التراوت بينما فى سمك القد وأشباهه يوجد صمام بين الأمعاء الدقيقة والأعور . ويختلف شكل الأمعاء Intestine بين الأسماك ، وتحتوى الأنسجة الضامة للمخاطية بالأمعاء على خلايا ليمفاوية وصبغية ، وتوجد طبقه سميكة من الألياف الكولاچينية كنسيج متماسك فى طبقة تحت المخاطية لجدر الأمعاء فى كثير من الأسماك لكن تغيب فى المفترسات ليزيد ذلك من مقدرة أمعائها على الامتداد بمعدل حتى ٢٠٠ ٪ ، لذا يوجد نظام للثنايا على جدر أمعاء هذه الأسماك . والأمعاء الطويلة تعمل على حفظ كمية غذاء كبيرة لمدة طويلة مما يمكن من الأستفادة الكاملة من المواد صعبة الهضم ، بينما الأمعاء القصيرة تكون أكثر تخصصا ، فطول الأمعاء نوع من التخصص والتأقلم على البيئة الغذائية (وحتى فى الاسماك آكلة اللحوم يتوقف طول الأمعاء على حجم الفريسة) إذ يتوقف طول الأمعاء على نوع التغذية ، فالسمك آكل العشب له أمعاء ملتفة أطول من طول الجسم بعدة مرات ، بينما الأسماك آكلة اللحوم تكون أمعاؤها مستقيمة وقصيرة ، بينما الأسماك مختلطة التغذية (آكلة كل شيء) فيكون طول أمعائها متوسطا بين طول أمعاء آكلة العشب وآكلة اللحوم ، وعموما طول الأمعاء يتراوح مابين ٠,٢ – ٢٠ ضعف طول الجسم ، وهو يزيد بالنمو ويقل بالصيام . وليست العبرة بالطول لكن بمسطح الامتصاص لذا للمقارنة يستخدم اصطلاح معامل المخاطية Mucosal Coefficient لوصف مساحة مسطح الأمعاء النسبيه (طول الأمعاء وثنايا المخاطية) . وتقل سطوح الامتصاص الطلائية بحملاتها Microvilli فى اتجاه الشرج فى كثير من الأنواع ، وقد يكون سطح الامتصاص فى شكل ثنايا حلزونيه أو زجزاجية . وتنتهى الأمعاء بالمستقيم Rectum الذى قد يفصل بينه وبين الأمعاء صمام ، ومخاطية المستقيم غنية بخلايا جوبلت والخملات للامتصاص .

٥ – الزوائد البوابية Pyloric Caeca أو المعى الأعور (والدروب الأعورية) : يوجد عند منطقة ارتباط المعدة بالأمعاء الرئيسية فى كثير من الأسماك ، إلا أنه يغيب فى الأسماك عديمة المعدة . ويختلف عدد وحجم هذه الزوائد الأعورية باختلاف الأنواع والأفراد ، فاسماك النازلى Hake لها أعور واحد وأسماك الفرخ الأصفر له ثلاثة أعاور ، وفى السالمون وأسماك قواقع البحر Seasnails مايقرب من مائتى أعور أو أكثر ، وأسماك الفحم Coal Fish والبكلا الأسود Black Cod لها أكثر من ٩٠٠ أعور وأحيانا حتى أكثر من ١٠٠٠ أعور ، إلا أنها تتصل بعدد قليل من الفتحات ، فأسماك الفحم ذات التصعنة زائدة تتصل بالأمعاء بواسطة ٦ – ٧ فتحات فقط . وقد تكون هذه الزوائد فى شكل جيوب أو أنابيب طولها عدة سنتيمترات . ونظرا لوجود خلايا غدية بنكرياسية نسيجها الضام الخارجى بين الأعاور فيعتقد أن لها أهمية خاصة فى امتصاص الدهن والشموع ، كما تأوى أعدادا كبيرة من الطفيليات ، لذا فإن . وظيفة هذه الزوائد فى أنشطة الإنزيمات الهاضمه والامتصاص ، وتركيبها يشبه باقى الأمعاء الرئيسية . ونادرا ماتوجد

الأعاور بين المعى الأوسط والمستقيم (كما فى سمك موسى ولسان البحر) ، وإذا وجدت كذلك فإنها لاتوجد فى كل أفراد النوع . وبعد موت السمك تؤدى إنزيمات هضم البروتين فى الأعور إلى تحلل ذاتى بسيط يؤدى إلى مذاق خاص للسمك (كالرنجة) وعليه فعند تصنيع السمك لاتزال الأعاور .

٦ - الكبد Liver : نسيجه هش وطرى فى الأسماك عنه فى باقى الفقاريات ، وتقسيمه إلى فصوص مختلف باختلاف الأنواع والأفراد ، فعادة يتكون من فصين ويكون الفص الأيسر كبيرا جدا عن الأيمن ويعرف بالكبد البنكرياسية . فى أسماك المبروك تميز أربعة فصوص وفى الماكريل ثلاثة فصوص بينما فى أسماك السالمون والثعبان والكراكى يتكون الكبد من فص واحد . وفى أسماك الجريث يتكون الكبد من جزئين منفصلين بقناتين تؤديان إلى كيس الصفراء Gall Bladder . ولايختلف نسيج كبد الأسماك عنه فى الحيوانات الأخرى إلا من حيث عدد صفوف طبقة Trabeculae التى تتكون من ٥ - ٦ صفوف من الخلايا بينما فى الثدييات صف واحد وفى الطيور صفان من الخلايا .

ويعمل الكبد كمخزن للدهون (كما فى سمك البكلا والرنجة والتونة) الغنية بفيتامينات (أ ، د) وكذلك يخزن الجليكوجين (كما فى القراميط أكثر من التراوت وسمك الحمار وسمك البعوض والجوبى وسمك الذهب) . فالخلايا الكبدية إحداها غنية بالدهون والأخرى غنية بالجليكوجين ، ويسود فى بعض أنواع السمك نوعا من نوعى هذه الخلايا الكبدية دون النوع الآخر وقد يغيب كيس الصفراء من بعض الأنواع السمكية ، بينما فى أسماك أخرى كسمك الذهب Gold Fish والحمار Zebra Fish والبعوض Mosquito Fish توجد قنيات صفراوية تصب محتوياتها بين خلايا الكبد وفى معظم الأسماك تستقر المرارة Bile أو الصفراء بين فصى الكبد .

٧ - البنكرياس Pancreas : يوجد فى بعض الأسماك كالقراميط والثعبان فى شكل متماسك أو غدة ماكنة لها موقع واضح ، بينما فى معظم الأنواع الأخرى لايوجد بنكرياس متماسك لكن منتشر فى صورة فصيصات صغيرة غير منتظمة التوزيع بطول الوريد الكبدى البابى وفروعه فى الكبد ، إذ أن الأسماك شوكية الزعانف يتحد فيها البنكرياس مع الكبد على شكل بنكرياس كبدى Hepatopancreas. والبنكرياس فى القروش والقوابع عبارة عن عضو مكتنز مكون من فصين عادة . وقد يرتبط البنكرياس بالطحال (كما فى الأسماك الرئوية Lung Fish الإفريقية إذ يكون البنكرياس عضو أسود اللون كبير فى مؤخر الطحال فى جدار الأمعاء) أو يكون بين الأمعاء أو بين الأعاور المعوية أو داخل الكبد . والجزء الهرمونى منه بسيط التطور إذ يحتوى على قليل من خلايا الجزر Islet Cells (جزر لانجرهانز Islets of Langerhans) والتى توجد بها الخلايا بيتا خارجيا وخلايا الفا مركزيا ، ووظيفة البنكرياس إنتاج إنزيمات هاضمة بجانب الإفراز الداخلى لهرمون الأنسولين .

٨ - فتحة المخرج Vent : فى القروش والقوابع والأسماك الرئوية تفتح نهاية القناة الهضمية مع نهاية الجهازين البولى والتناسلى فى مجمع Cloaca واحد ، لكن فى معظم الأسماك تفتح نهاية القناة الهضمية فى فتحة شرج منفصلة عن الفتحة البولية التناسلية ويكون عادة موقعها فى نهاية

الجسم وتشذ عن ذلك بعض الأسماك كالقد الياباني Japanese Cod والثعبان طويل الأنف Long -Nosed Eel والتي تحتوى على فتحة مخرج أمامية أو تحت الشفاة السفلى .

التغـــذية Nutrition

تعرف التغذية بأنها علم تعريف تداخل الحيوان بأعلافه لغرض التقدير الكمى للاحتياجات الغذائية الكافية للوظائف المختلفة .

أى هى علم تقرير الاحتياجات الغذائية فى شكل مكونات كالبروتينات (والأحماض الأمينية) والدهـون (والأحماض الدهنية) والفيتامينات والعناصر المعدنية ، بجانب نسب هذه المركبات ، ومستويات التغـذيه وطرق التغذية . كما توضح التغذية طرق استخدام الجسم لكل مغذٍ خلال عمليات الهضم والميتابوليزم ، إذا ما كان المغذى يستهلك أو يخزن أو يفرز من الجسم . فالتغذية تشمل شقيها البيوكيماوى والفسيولوجى ومتداخلة فى كل عمليات الجسم بمختلف مراحل الحياة خاصة عمليات النمو والتناسل والهجرة ، وتؤثر فيها اعتبارات بيولوجية وجوية واقتصادية وجودة المياه . والتغذية تشكل ٣٤ - ٤٤ ٪ من جملة تكاليف إنتاج السمك (كتغذية صناعية أو خارجية) . ولقد بدأت دراسة تركيب علائق الأسماك منذ أكثر من مائة عام ، تلاها دراسة سلوك التغذية واختيارية الغذاء فى الأسماك وطاقة الغذاء والطاقة المهضومة .

السلوك الغـذائى Feeding Behaviour

يخضع السلوك الغذائى للأسماك لتحكم عصبى هرمونى بداية من رحلة البحث عن الغذاء واختياره وتناوله وإعداده وهضمـه وامتصاصه وإخراجه . فـالأسمـاك ضمن الحيوانات غير ذاتية التغـذية Heterotrophic أى تعتمد فى تغذيتها على مواد عضوية شبيهة التركيب بمادة جسمها من كائنات أخرى ، وذلك بعكس النباتات ذاتية التغذية Autotrophic التى تبنى مادتها العضوية بنفسها .

وتعتمد الأسماك فى بحثها عن غذائها على حواس طبيعية وكيماوية ، فتستغل النظر أو السمع أو الخط الجانبى أو أعضاء الحس الكهربية أو حجر الأذن والتذوق والشم منفردة أو بأكثر من حاسة فى نفس الوقت حسب نوع السمك ونوع غذائه وطبيعة سلوكه ونشاطه . فبعض القراميط تنجذب نحو العلائق المحتوية على الألانين ، وبعض أسماك الترسة Turbot تثيرها احتواء الطبلة على الأينوسين وفوسفات أحادى الأينوسين ، كما يزيد استهلاك أسماك المبروك للغذاء بتأثير لونه وشكله .

وهناك أسماك تبحث عن نوع معين من الغذاء فتسير مسافات طويلة للحصول عليه ، بينمـا القـوارت (مـختلطة التـغذية - أكلة كل شىء) انتهـازية Opportunistic تحصل على غذائها فى مناطق بيئية متعددة . وعلى هذا فتنقسم الأسماك من حيث عاداتها الغذائية Feeding Habits إلى :

١ - آكلات عشب Herbivores

٢ - آكلات لحوم Carnivores

٣ - قوارت Omnivores

لكنها أيضا تختلف فى درجة التخصص فى عادتها الغذائية بما يسمح بمزيد من التقسيم أو الترتيب Categorization إلى :

أ - أحادية التغذية Monophagous أى تستهلك نوعا غذائيا واحدا .

ب - محدودة التغذية Stenophagous تستهلك أعدادا محدوده من الغذاء .

جـ - مختلطة التغذية Euryphagous تتغذى على أعلاف مخلوطة .

وعموما فإن معظم أنواع السمك مختلطة التغذية ، فحتى مبروك الحشائش إذا توفر له البروتين الحيوانى يتغذى عليه أولا ثم بعدها يعمل كآلة حش حية . بينما فقس (يرقات) جميع الأنواع السمكية يعتبر آكل لحوم إذ يتغذى على الكائنات وحيدة الخلية واليرقات والسرطانات وغيرها من اللافقاريات . وتغذية يرقات الأسماك أساسها الغذاء الحى ، وإن كانت يرقات أسماك الماء المالح أكثر أعتمادا على الغذاء الحى عن يرقات أسماك الماء العذب .

وعلى قدر فتحة فكى الفم Jaws Gape أوقطر البلعوم Pharynx يتوقف حجم الغذاء ، فبعض أسماك القديات لها فتحة فم تبلغ ٠,٢ طول جسمها القياسى ، بينما هناك من الأسماك آكلة الهوائم تبلغ فتحة فمها ٠,٠٥ طول جسمها القياسى .

ويتوظف الشكل الخارجى للأسماك بالنسبة للعادات الغذائية بعد نضجها فتنقسم الأسماك إلى :

١ - آكلات بلانكتون Planktivores حيوانى (Zooplanktivorous) أو نباتى (Phytoplanktivorus) .

٢ - آكلات أعشاب Herbivores .

٣ - آكلات لحوم ارضية Benthic Carnivores .

٤ - آكلات حشرات وقواقع وديدان Insectivores

٥ - آكلات أسماك Piscivores .

٦ - أسماك متطفلة Parasites .

فالجسم المائى الواحد يحتوى على كائنات سمكية Piscifauna تزيل الطحالب من الصخور ، أو تقطع أجزاء ورقية خضراء ، أو تأكل الرخويات Molluscs ، وتنقر اللافقاريات الصغيرة والكبيرة الأرضية Benthic Invertebrates ، أو تأكل الهوائم الحيوانية Zooplankton ، أو تعض وتقطع زعانف الأسماك

الأخرى أو تعض عيونها أو تأكل بيضها وأجنتها ويرقاتها ، أوتفترس Preying أسماك كاملة أخرى . ومن بين الأسماك المفترسة Predators (آكلة اللحوم) نجد أسماك تتغذى على جزئيات صغيرة Microphagy متطورة من تلك التي تتغذى على الجزيئات الكبيرة Macrophagy ، وتعرف الأخيرة بوجودها عندما تكون النسبة بين حجم الفريسة وحجم الأسماك المفترسة في المدى من ١ : ٢ إلى ١ : ٢٠ ، بينما آكلات الجزيئات الصغيرة Particle - Feeding Microphagy تتواجد عندما يكون هذى المدى من ١ : ٢٠ إلى ١ : ٢٠٠ ، والأسماك آكلة الدقائق الصغيرة Filter - Feeding Microphagy في المدى من ١ : ١٥٠ إلى ١ : ٢٠٠٠٠ .

فالمفترسات الكبيرة تظهر تخصصات للعيون والفكوك والأسنان والأمعاء تناسب تحديد موقع وحجم وهضم فريستها ، وهذه المفترسات غالبا لها قدرة على السرعة المفاجئة لمهاجمة الفريسة . والبعض الآخر من الأسماك آكلة اللحوم لها جسم قصير مبطط الجانب بزعانف منظمة لتعظيم القدرة على المناورة Manoeuvrability والفم صغير قابل للامتداد Protrusible ويكون أنبوبة يمكنها شفط فريسة صغيرة من مسافة ، ونوع آخر أكثر طولا وانسيابية وزعانفه متوسطة وفمه واسع ، وبهذا فهو مجهز للانقضاض السريع الخفيف للإمساك بفريسة أكبر وأكثر حركة ، وهذه النماذج المختلفة تعكس بوضوح الاختلافات الملحوظة على شكلها الظاهري بمايتناسب مع عاداتها الغذائية .

وفي قلة أوغياب الغذاء (الفريسة) تلتهم الأسماك المفترسة صغارها ، وهذا الافتراس يعتبر وسيلة لتنظيم الزيادة في السمك عندما تصير ظروف الغذاء حادة بسبب الزحمة . وأكل لحوم البعض Cannibalism هو الاتجاه الأقوى بين الأسماك لتصير آكلة أسماك حينما تبلغ حجما معينا .

وتتم التغذية كنظام روتيني يومي (نهاري أو ليلي) خاصة في الأيام التي تكون فيها درجة الحرارة معتدلة خاصة في الربيع ، وقد تكون التغذية مرتبطة بالقاع أو بالغذاء العالق في عمود الماء أو العائم على الماء . إلا أن الأسماك تصوم وتمتنع عن الأكل بالإرتفاع والانخفاض الشديدين في درجة الحرارة أو في موسم التناسل ، سواء قبل أو بعد وضع البيض حسب نوع السمك . فالموسم والحرارة والضوء ومرحلة العمر والحالة الفسيولوجية كلها عوامل تؤثر كذلك على السلوك الغذائي للأسماك .

اختلافات الأسماك عن الحيوانات الأخرى في سلوكها الغذائي يؤثر كذلك على فسيولوجيا هضمها المختلفة أيضا عن الحيوانات الأخرى . وأبسط هذه الاختلافات ليس فقط في كون الأسماك مفترسة وغير مفترسة أو آكلة عشب ومتنوعة التغذية ، بل كذلك في تغيير فلورا أمعاء السمك ، إذ تتغير البكتريا طبقا للأشكال الرمية في الماء المحيط بالسمك للتبادل بينهما . وتستطيع الأسماك تركيز عديد من المواد التي تتحصل عليها من الغذاء في جسمها مما يؤثر على طعمها ، فالرنجة المغذاة على كمية كبيرة من يرقات المحار تصير مُرة . وكذلك سمك البكلا عند تغذيته على أغذية معينة يصير غير مرغوب الرائحة لاحتوائه على كبريتيد ثنائي ميثيل Dimethyl Sulphide . علاوة على سمية بعض الأسماك في وقت التبويض (البطارخ) أو نتيجة تغذيتها على أنواع معينة من الطحالب تحتوى على مواد سامة في موسم

معين من السنة فتصير الأسماك هى الأخرى سامة وقت انتشار هذه المصادر الغذائية من الطحالب (لتركيز السموم فى أجسام الأسماك) دون باقى فصول السنة ، وقد تحتوى أجسام السمك على مركب ثلاثى ميثيل أمين Trimethylamine لوجوده أصلا فى علائقها ، خاصة فى الكائنات الحيوانية الحية الدقيقة البحرية ، أو أن تكون لحومها بطعم الطمى Muddy Flavour لاحتوائها الجيوسمين Geosmin كناتج ميتابوليزمى لبكتريا استربتوميسيس ، وسوء طعم السمك Off Flavour لدخول المواد الفينولية والزيوت والمنظفات عبر الجلد والخياشيم أو مع الطحالب وتخزن فى الأجزاء الدهنيه من السمك ، أو أن تكون دماؤها سامة للإنسان . فيمتص الجلد والخياشيم بسرعة المواد العضوية الذائبة والتى تكون مسئولة عن ظهور الطعم غير المرغوب . وتؤثر التغذية والعوامل البيئية الأخرى كدرجة حرارة الماء والمواد العضوية الذائبة ونشاط العوم كلها تؤثر على الخواص الحسية للسمك مثل محتواه الدهنى وقوام لحم السمك وحموضته .

تركيب الغذاء والاحتياجات الغذائية

Feed Composition & Nutritional Requirements :

تتركب أى مادة غذائية من مكونات غير غذائية (غير معروفة أو غير معروف تاثيرها أو ذات تاثيرات ضارة) وأخرى غذائية . والمكونات الغذائية عبارة عن :

١ - الماء .

٢ - الماده الجافة :

أ - مادة معدنية

ب - مادة عضوية :

١ - المركبات الأزوتية .

٢ - المركبات الدهنية .

٣ - المركبات الكربوهيدراتية .

٤ - الفيتامينات .

وتشمل الأغذية على مجموعتين من المركبات ، إحداهما مواد أساسية أو ضرورية Essential لايستطيع الحيوان تخليقها بنفسة كلية أو بالحد الذى يتطلبه الجسم منها ، والأخرى مجموعة المواد التى يستطيع الحيوان تخليقها بنفسه من مواد أخرى ويطلق على هذه المجموعة بالمواد غير الضرورية أو غير أساسية Nonessential .

ورغم أهمية ضرورة معرفة احتياجات الأسماك من المكونات الغذائية المختلفة ، فإن دراسة الاحتياجات الكمية والنوعية تتم تحت ظروف معملية تجريبية وعلى أنواع سمكية محدودة ، مما يجعل المعلومات المتحصل

عليها باستمرار ذات أهمية خاصة وأن هذه الاحتياجات تعتبر متخصصة لأنواع معينة أى مرتبطة بنوع السمك بجانب ظروف المياه المختلفة ، إلا أن النتائج المتحصل عليها لايمكن تعميمها على الإطلاق (للأنواع والظروف البيئية المتغيرة) ، وأيضا هناك قصور كبير فى هذا الشأن ولايمكن تغطيته بالمعلومات الغذائية والاحتياجات الغذائية لذوات الدم الحار للتباين الكبير بين الأسماك والحيوانات ذات الدم الحار فى هذا الشأن . وعموما تختلف الاحتياجات الغذائية لأسماك الماء البارد عن تلك لأسماك المناطق الدافئة . وقد أوضحت الدراسات الغذائية أهمية احتواء العلائق على مصادر للطاقة والأحماض الأمينية الأساسية والأحماض الدهنية الأساسية والفيتامينات ومعادن معينة لتشجيع نمو وإنتاج الأسماك . وقد ثبت اختلاف الاحتياجات الغذائية كذلك لأسماك المياه المالحة عن تلك لأسماك المياه العذبة . ومما يزيد صعوبة تقدير الاحتياجات الغذائية للأسماك هو أن فائض الغذاء يتحلل فى الماء ، علاوة على أن عدد الوجبات اللازمة لأفضل نمو كفاءة غذائية يختلف باختلاف الأنواع ، فالبعض يكفيه وجبتين يوميا للوصول لحد الشبع بينما البعض الآخر يحتاج للتغذية المستمرة أو المنتظمة على مدار أربعة وعشرين ساعة ، بينما المعدلات التى يضعها الباحثون قد وضعت لتلائم عمل الباحثين أكثر من مواءمتها لاحتياجات السمك ، فنجد الباحث يحدد نسبة ثابتة من وزن جسم السمك كما يحدد عدد الوجبات . وعلى أى حال فقد أنشئت شبكة دولية لمركز معلومات العلف ، وكذلك بنك معلومات للاحتياجات الغذائية للسمك فى أوربا .

أولا : المـــــاء Water

يتحصل السمك على الماء كأحد مكونات الغذاء ، وكذلك من الوسط المحيط بالسمك ، سواء عن طريق ماء الشرب الممتص من القناة الهضمية عن طريق الفم أساسا ، أو الممتص من خلال الخياشيم والجلد . إذ قد يصل ماتمتصه الأسماك من الماء العذب خلال الجلد إلى مايقرب من ثلث وزن الجسم يوميا (وإن كان هناك أسماك كالثعبان جلودها غير منفذة للماء) ، ولكن مايمتص عن طريق الخياشيم أكثر ، كما تمتص الأسماك فى الماء المالح كميات مياه تتراوح ما بين ٧ – ٣٥ ٪ من وزن جسمها يوميا منها ٦٠ – ٨٠ ٪ من خلال القناة الهضمية ، وتمتص أسماك الجلكى ٥٠ – ٢٢٠ مل ماء مالح / كجم وزن جسم / يوم فى القناة الهضمية .

والماء وسط عمل الإنزيمات ، لذا فهو عنصر ضرورى لكل العمليات الحيوية التى تتم فى الأسماك ، كما أنه يشكل ٧٠ – ٧٥ ٪ من وزن جسم الأسماك كاملة التعظم . والماء الخلوى فى الأنسجة السمكية يشكل ٧٠ – ٨٠ ٪ من الماء بالجسم ، بينما تحتوى البلازما على ٢ – ٣ ٪ من ماء الجسم .

وكل أغذية السمك أى كان نوعها وتركيبها تحتوى على ماء بنسب مختلفة تتوقف على نوع الغذاء إذا ما كان أخضر أو طازجا (مرتفع المحتوى الرطوبى) أو مكعبا أو مصنعا أو جافاً (منخفض الرطوبة) ، وعلى أى حال فيتم تشبع أى علف بالماء قبل استهلاكه .

وتفقد أسماك الماء المالح كثيرا من ماء خلايا جسمها لانخفاض تركيز ملوحة السمك عن تركيز ملوحة

ماء البحر ، لذلك تشرب الأسماك ماء لتواجه فقد الماء من خلايا الجسم ، مما يؤدى إلى ازدياد تراكم الملح فى أجسامها حتى يتوازن تركيزه مع تركيز الملح فى الماء المحيط بالسمك فيخرج الزائد من الملح خلال الخياشيم ، والعكس فى الماء العذب إذ تحتوى أجسام أسماكه على تركيز ملح أعلى مما هو فى الماء المحيط مما يؤدى إلى دخول الماء خلال الجلد لتخفيف تركيز الملح وعليه لاتحتاج أسماك الماء العذب إلى الشرب بل إنها فى حاجة مستمرة لإخراج الماء الداخل إليها وذلك عن طريق البول الغزير منخفض الكثافة .

ثانياً : المادة المعدنية (Minerals (Ash :

تتباين كثيرا المواد الغذائية المختلفة فى محتواها من العناصر (المعادن) المختلفة طبقا لمصدر هذه الأغذية وأنواعها . ورغم صعوبة تقدير الاحتياجات الغذائية المعدنية للأسماك وذلك لامتصاص الأسماك للمعادن الذائبة من الماء عن طريق الخياشيم والجلد والأمعاء ، ورغم عدم وضوح الاحتياجات بالضبط ، فإنه يفترض احتياج الأسماك للمعادن المختلفة والتى تتواجد فى أجسامها وتدخل لعد هام فى الوظائف البيولوجية ومن بينها : الكالسيوم والفوسفور والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكبريت والكلور والحديد والنحاس والكوبلت واليود والمنجنيز والزنك والموليبدنم والسلنيوم والفلور .

١ - الكالسيوم والفوسفور :

ينظم سمك الماء العذب محتوى قشوره وعظامه من الكالسيوم دون ارتباط بمحتوى الماء من الكالسيوم ، ولايتطلب السمك إضافات غذائية من الكالسيوم لو احتوى الماء على ١٤ - ٢٠ جزء / مليون من الكالسيوم . بينما الأسماك البحرية تشرب ماء البحر المتوفر فيه الكالسيوم لكنه فقير الفوسفور وتخرج الكالسيوم الزائد لذا تتطلب هذه الأسماك نسبة كالسيوم / فوسفور فى العليقة أقل من الوحدة ، لذا وجد أن أسماك شلبة البحر الأحمر Red sea Bream تنمو على أفضل مايكون على عليقة تحتوى ٠,٣٤ ٪ كالسيوم بنسبة كالسيوم / فوسفور كنسبة ٢/١ .

ويعبر عن الاحتياجات من الكالسيوم والفوسفور معا لارتباط ميتابوليزمهما معا ، وإن كان هناك علاقات بين معدنية أخرى ، وأى عدم اتزان معدنى فى العليقة يضر بميتابوليزم المعادن الأخرى . ويتوقف إضافة الكالسيوم والفوسفور على تركيب العليقة ومحتواها المعدنى ، فإن احتوت على مسحوق السمك فلا يضاف أى من المعدنين . كما أن احتياجات أسماك القراميط من الكالسيوم ١,٥ ٪ ومن الفوسفور المتاح ٠,٨ ٪ - ١,٠ ٪ للحصول على أقصى نمو ، بينما نقص الكالسيوم فى العليقة حتى ٠,٠٣ ٪ لاتظهر أعراض نقص على أسماك المبروك أو القراميط . ورغم امتصاص الكالسيوم من الماء بواسطة الخياشيم ، فإن أمتصاص الفوسفور من الماء منخفض جدا (٠,٠٠٠١ من معدل امتصاص الكالسيوم من الماء) ، ونظراً لانخفاض فوسفور الماء (المالح والعذب) فإنه ينبغى إضافة الفوسفور أو توافره فى الغذاء (كالبروتين الحيوانى) ومراعاة انخفاض قيمة المتاح امتصاصه (٢٩ ٪) من فوسفور البروتين النباتى (مسحوق الصويا) ، وقد تبلغ احتياجات نمو أسماك السالمون والمبروك والقراميط وشلبة البحر الأحمر

مابين ٠,٤ – ٠,٨ ٪ فوسفور فى الطليقة . ويتدخل الكالسيوم والفوسفور فى الميتابوليزم خاصة المتعلق بنمو العظام وفى حفظ الاتزان الحامضى – القاعدى ، ويتدخل الكالسيوم فى عمليات فسيولوجية وبيوكيماوية كانقباض العضلات وتجلط الدم والنقل العصبى وفى حفظ التركيب الغشائى . ويشكل الفوسفور أحد المكونات لعديد من الجزيئات العضوية ، ويؤثر الفوسفور فى الطليقة (أكثر من الكالسيوم) على النمو والعظام وكذلك محتوى دهون جسم أسماك المبروك . ونظرا لعدم وجود معدة مفرزة للحامض فى المبروك فإن أمتصاص الكالسيوم تراى فوسفات كمصدر للفوسفور لايتعدى ٣ ٪ (بينما فى التراوت ٥١ ٪) وامتصاص فوسفور مسحوق السمك ٢٦ ٪ (وفى التراوت ٦٠ ٪) . زيادة فوسفور الطليقة للتراوت عملت على زيادة كل من الفوسفور والكالسيوم والماغنسيوم ، والاستفادة من فوسفور فوسفات ثنائى الصوديوم كانت أفضل من فوسفور مسحوق السمك .

وفرة الفوسفور فى بعض أغذية الأسماك :

المصـــــــدر	٪ فوسفـــــور	٪ وفرة الفوسفـــور
فوسفات ثلاثى الكالسيوم	٠,٦٥	٣
فوسفات أحادى الكالسيوم	٠,٦٩	٨٠
فيتين	١,٦٥	٨
كازين	٠,٤٧	١٠٦
مسحوق سمك	٠,٩٩	٢٦
خميرة	٠,٤٦	٩٩
جرمة قمح	٠,٥٨	٥٧
رجيع أرز	٠,٧٩	٢٥

٢ – **المعادن الأخرى** : سواء مايضاف منها بكميات كبيرة أو صغيرة ، وتشمل :

- **الماغنسيوم** : ضرور لحفظ النمو طبيعى ، وتتوقف الاحتياجات الغذائية منه على التغييرات فى تركيزاته فى الماء . وتبلغ الاحتياجات الغذائية من الماغنسيوم لأسماك المبروك ٠,٠٤ – ٠,٠٥ ٪ من الطليقة الجافة ، بينما للتراوت أعطى ٠,١ ٪ ماغنسيوم نموا جيدا .

- **كلوريد الصوديوم** : تفقده أسماك المياه العذبة عن طريق البول الغزير منخفض الكثافة ، ويعوض هذا الفقد (من الأيونات المختلفة التى يمكن امتصاصها من الماء) عن طريق الأمتصاص النشط لهذا الملح عبر الخياشيم ، بينما أسماك الماء المالح تعانى من زيادته فى الماء فتشرب قليل من الماء وتضخ الزائد من هذا الملح عبر خياشيمها إلى البيئة الخارجية مع تركيزها للبول قليل الكمية لتعويض فقد الماء . وبوجه عام وجد أن احتواء العليقة على مخلوط أملاح متزن بنسبة ٤٪ من العيقة أعطى أفضل نمو فى المبروك والتراوت ، وإن لم يؤد ملح الطعام بتركيزات حتى ٨,٥ ٪ من عليقة التراوت إلى أى تأثيرات معنوية سواء فى استهلاك العليقة أو تحويلها الغذائى .

- **والحديد** : واضح الأهمية للدم وفى عمليات التنفس لدوره فى تركيب الهيموجلوبين وإنزيمات الهيم . وقد اقترح أن تحتوى عليقة المبروك على ٣ جزء / مليون من النحاس لتغطية الاحتياجات الغذائية من هذا العنصر .

- **والكوبلت** : يشجع الميتابوليزم والنمو فى المبروك ، فقد وجد أن إضافته فى صورة كلوريد أو نترات كوبلت فى ماء الحوض بمعدل ٠,٠٨ مجم / كجم سمك أدت إلى زيادة نمو أسماك المبروك (١٠ – ٣٢ ٪) وتكوين الهيموجلوبين .

- **واليود** : هام كذلك فى العليقة لنمو الأسماك ، واقترح حد أدنى منه فى العيقة ٠,٦ مجم / كجم علف .

- **والزنك** : ضرورى للنمو الطبيعى ، إذ يتداخل فى تخليق الأحماض النووية وتنشيط عديد من الإنزيمات ، واقترح إضافته بمعدل ١٥٠ مجم / كجم علف لزيادة النمو ومنع ظهور أعراض نقصة على الأسماك .

وعموما يتوقف حد الإضافات المعدنية على محتوى العليقة من الرماد ، فمثلا إذا احتوت عليقة سمك الثعبان على ٧٠ ٪ مسحوق سمك أبيض كان الحد الأمثل للإضافات المعدنية ٢٪ . ورغم عدم الحساسية النسبية للمبروك لنقص الإضافات الغذائية المعدنية ، فقد ثبت ضرورة احتواء العليقة على الزنك والمنجنيز والنحاس والماغنسيوم والكوبلت والحديد كالتالى :

المعـــــدن	الاحتياجات الغذائية فى العليقة
فوسفور	٠,٦ – ٠,٧ ٪
كالسيوم	أقل من ٠,٠٢٨ ٪
ماغنسيوم	٠,٠٤ – ٠,٠٥ ٪
زنك	١٥ – ٣٠ جزء / مليون
منجنيز	١٣ جزء / مليون
نحاس	٣ جزء / مليون
كوبلت	٠,١ جزء / مليون
حديد	١٥٠ جزء / مليون

وتختلف تركيزات العناصر المعدنية فى السمك لحد كبير ، فبينما يبلغ تركيز المنجنيز والزنك فى العضلات عشرات آلاف أضعاف تركيزاتها فى الماء (لسرعة امتصاصهما) ، فإن الحديد والنحاس أقل تركيزا فى الأسماك عما هو عليه فى أعلاف السمك ، إذ أن السمك يخرج بعض العناصر الدقيقة Microelements . كما أن الباريوم والاسترانشيوم يحتجزان اختياريا وتركيزهما فى الأسماك أعلى عما هو عليه في غذاء أو بيئته . وتركيز الكوبلت فى كثير من الأسماك أعلى من تركيز النيكل ، رغم أن التركيز النسبى لهما فى مياه البحر عكس ذلك .

ثالثا : المركبات الأزوتية Nitrogenous Compounds :

تختلف الأغذية المختلفة للأسماك فى محتواها البروتينى (الأزوتى) من حيث الكمية والنوعية ، فبينما أكلات اللحوم بأنواعها المختلفة تتحصل على نسبة مرتفعة من البروتين عالى القيمة الحيوية فى غذائها الحيوانى الأصل ، تتحصل أكلات الأعشاب أو نباتية التغذية على قيم منخفضة نسبيا فى محتوى غذائها من البروتين النباتى غير مرتفع القيمة البيولوجية . ولكون البروتين مكوناً هاماً فى الجسم فعليه ينبغى أن يكون أيضا مكونا هاما فى العليقة ، إذ عليه يتوقف النمو . وهذا يرتبط بكمية ونوعية الأحماض الأمينية المتوفره فى غذاء السمك . كما يتوقف **احتياج السمك للبروتين** على نوع السمك وتغذيته الطبيعية ودرجة نموه ومرحلة نموه وعمره وعلى درجة حرارة وملوحة المياه ومحتواها من الأوكسجين والمكونات الغذائية الأخرى فى العليقة كمصادر الطاقة والفيتامينات والمعادن لتداخلاتها مع البروتين فى ميتابوليزمة ، فأكلات اللحوم مثلا لاتعتمد فقط على علائق مرتفعة البروتين بل يشترط كذلك انخفاض محتوى العلائق من الكربوهيدرات كالدكسترين أو النشا . كما قد تنخفض الاحتياجات البروتينية بزيادة مستوى التغذية لأن الأسماك تتغذى حتى تشبع احتياجاتها الحرارية . وقد ترتفع الاحتياجات البروتينية بارتفاع درجة حرارة الماء داخل الحدود المثلى الحرارية للنوع ، وقد ترتفع كذلك بزيادة الملوحة للماء ، وإن كانت النتائج شبه متعارضة أو غير مؤكدة لاختلاف الأنواع السمكية .

وتقل الاحتياجات البروتينية بزيادة حجم السمك ، فالمحتوى العالى من برتين العليقة يوفر متطلبات النمو السريع لصغار الأسماك ، بينما الانخفاض النسبى لبروتين الغذاء يؤدى إلى تحويل أفضل للبروتين أو زيادة الاستفادة منه فى الأعمار الأكبر . وتحتوى عضلات الأسماك الجافة على حوالى ٦٥ – ٨٥ ٪ بروتين ، ونظرا لقلة احتياجات الأسماك للطاقة نسبيا عن الحيوانات ذوات الدم الحار ، ولتفضيل الأسماك استخدام البروتين كمصدر غذائى للطاقة أكثر من استخدامها للكربوهيدرات كمصدر طاقة ، فإن احتياجات الأسماك من البروتين الغذائى أعلى بمقدار حوالى ٢٠٠ – ٤٠٠ ٪ عن احتياجات الحيوانات المزرعية الأرضية Terrestrial Farmanimals التى بهدمها للبروتين إلى أمونيا تفقد طاقة فى تحويلها للأمونيا هذه إلى يوريا أو حمض يوريك ، بينما الأسماك تخرجها كما هى أمونيا من الخياشيم فلا تفقد طاقة فى تحويلها إلى نواتج إخراجية أخرى فاحتياجات الأسماك من الطاقة لتحويل بروتين الغذاء وتخليق بروتين أجسامها أقل من احتياجات الحيوانات ذوات الدم الحار ، كما أن الأسماك لاتتطلب طاقة لحفظ حرارة أجسامها ثابتة (لأنها من ذوات الدم البارد متغيره الحرارة) فلا تتأثر الأسماك سلبيا بزيادة بروتين عليقتها وانخفاض طاقتها إذ تستطيع الأسماك التخلص (سريعا وباستمرار) من نواتج تمثيل البروتين بإخراج ٦٠ – ٨٠ ٪ من فضلات الأزوت الكلى فى صورة أمونيا عن طريق الخياشيم ، وعلى ذلك فالنسبة المثلى لطاقة البروتين من الطاقة الكلية للسالمون مثلا ١ : ٢ بينما هى للمجترات ١ : ١٠ ، والسمك يفقد من بروتين جسمة فى بناء مخاط الجلد الذى يزيد بناؤه بزيادة الضغوط المختلفه على السمك . فاحتياجات الأسماك من الطاقة الحافظة منخفضة عن باقى الفقاريات ، لذا فإن الأسماك تستخلص طاقة ميتابوليزمية من هدم البروتين الغذائى أكبر مما تستخلصها الحيوانات الأرضية . علاوة على أن الأسماك تمتاز كذلك بفقدانها طاقة أقل للنشاط الأختيارى فى الماء وطاقة أقل فى التكاثر ، فكفاءة السمك الحرارية تفوق تلك التى للكتاكيت والخنازير والماشية بمقدار ٢ – ٢٠ ضعف .

ولقد ثبت من عديد من الدراسات وجود علاقة خطية بين الاحتياجات البروتينية للسمك (جم / كجم وزن جسم / يوم) ومعدل النمو النوعى (٪ لكل يوم) للأنواع المختلفة ، وأن هذه العلاقة الخطية توضح أن الاستفادة من بروتين العليقة فى نمو أنسجة جديدة علاقة ثابتة نسبيا داخل وبين أنواع الأسماك ، وأنه لاتختلف احتياجات البروتين الغذائية للأسماك عنها لحيوانات المزرعة الأرضية إذا عبر عنها نسبيا لاستهلاك الغذاء (جم بروتين / كجم وزن جسم / يوم أو جم بروتين / كجم زيادة فى الوزن الحى) علما بأن الحيوانات الأرضية تحفظ درجة حرارة أجسامها أعلى من درجة حرارة البيئة المحيطة فهى تستهلك فى ذلك طاقة عالية . كما أوضحت الدراسات أرتفاع الاحتياجات البروتينية لتكافىء ٤٥ – ٧٠ ٪ من الطاقة الكلية للعليقة فى صورة بروتين تطلبه الأسماك .

أول دراسة لاحتياجات السمك البروتينية كانت سنة ١٩٥٨ على أحد أنواع السالمون ومثلت محتويات العلائق البروتين والتى أدت إلى أفضل نمو على أنها الاحتياجات البروتينية . وحديثا تقدر بأقصى امتصاص وتخزين للبروتين فى العضلات أو من خلال ميزان الأزوت . ويعبر عن الاحتياجات البروتينية

كنسبة مئوية من الطيقة ، أو كنسبة بين بروتين وطاقة الطيقة ، أو بين طاقة البروتين وطاقة الطيقة (سواء طاقة كلية أو مهضومة أو ميتابوليزمية) ، أو بالجرام / كجم وزن جسم / يوم (أى الاحتياجات كنسبة مئوية × معدل التغذية كنسبة مئوية × ٠,١) ، أو جم / كجم زيادة فى الوزن الحى (أى الاحتياجات ٪ × نسبة التحويل الغذائى × ١٠ ، علما بأن التحويل الغذائى = الغذاء المستهلك / الزيادة فى الوزن الحى) ، والأوقع هو أن يعبر عن الاحتياجات البروتينية كنسبة طاقة البروتين المهضوم إلى الطاقة المهضومة فى الطيقة .

وفيما يلى بعض القيم الموصى بها من البروتين الخام (٪) فى علائق بعض الأسماك

نـــوع السمـــك	٪ بروتيـن الطيقـة	ملاحظـــــات
صغار المبروك والتراوت	٦٠ – ٦٥	
	٣٠ – ٣٢	بالتغذية المحدودة ٢ – ٤٪ من وزن الجسم/ يوم
أصبعيات السالمون	٤٠	على درجة حراره ماء ٨,٣ °م
	٥٥	على درجة حرارة ماء ١٤,٤ °م
أصبعيات سمك الفرخ	٤٧	على درجة حرارة ماء ٢٠,٥ °م
	٥٥	على درجة حرارة ماء ٢٤,٥ °م
أصبعيات تراوات	٤٠	على ملوحة ماء ١٠ ٪ ..
	٥٥	على ملوحة ماء ٢٠ ٪ ..
مبروك عادى	٣١ – ٤١	بغض النظر عن العمر والإنتاج
	٤٣ – ٤٧	نمو سريع (مرحلة اليرقة إلى الأصبعية)
	٣٧ – ٤٢	نمو أقل (مرحلة الأصبعية إلى قبل النضج الجنسى)
	٢٨ – ٣٢	للتربية (أسماك بالغة وأمهات)
قراميط	٣٥ – ٤٠	نمو سريع (يرقة – أصبعية)
	٢٥ – ٣٦	نمو أقل (أصبعية – قبل النضج)
	٢٨ – ٣٢	للتربية (بالغة – أمهات)
ثعابين	٥٠ – ٥٦	نمو سريع (يرقة – أصبعية)
	٤٥ – ٥٠	نمو أقل (أصبيعة فاكثر)
دنيس	٤٥ – ٥٤	نمو سريع (يرقة – أصبعية)
	٤٣ – ٤٨	نمو أقل (أصبعية فاكثر)
موسى	٥٠	
بلطى أخضر	٣٠ – ٣٥	
بلطى موزامبيقى	٤٠ – ٥٧,٤	
بلطى نيلى	٣٠ – ٣٥	
بلطى أوريا	٣٠ – ٣٦	
شلبة البحر الأحمر	٥٥	

ومن ذلك يتضح أن هناك مدى أو متوسط احتياجات بروتينية أمثل لكل نوع ، وهذا يتوقف على عمر الأسماك وظروف المياه ومعدل التغذية ومحتوى العليقة من المكونات الغذائية الأخرى ومصادرها . فالبروتين من مصادره الحيوانية أكفأ من البروتين النباتي في حفز النمو والاستفادة الغذائية ، كما أن مخلوط البروتينات النباتية والحيوانية في العلائق يؤدى إلى زيادة معدلات النمو وكفاءة الاستفاده الغذائية عن البروتين النباتي فقط .

ورغم أن مسحوق ومركزات السمك كانت تعتبر مصدر البروتين الوحيد في تغذية الأسماك آكلة اللحوم كالتراوت ، فقد أمكن خفضها في العليقه بل انعدامها وإحلال مصادر بروتينية أخرى دون الإضرار بالنمو أو الكفاءة الغذائية ، لكن لاغنى في الإنتاج المكثف للسمك عن استخدام مسحوق أو مركزات السمك إذ لم تحرز بدائلها سواء كلية أو جزئية إلا انخفاض معدل النمو حتى بعد إضافة الأحماض الأمينية الكبريتية المحددة في بدائل مسحوق السمك ، مما يدعو للاعتقاد باحتواء مسحوق السمك على عوامل نمو غير معروفة في الجزء البروتيني من مسحوق السمك .

وبزيادة مستوى البروتين الغذائي في حدود المدى المثالي له فإن ذلك يرفع من محتوى بروتين العضلات ويخفض بالتالي من محتواها الدهني ، وزيادة بروتين وطاقة العليقة تخفض من استهلاك الغذاء ، وأعلى من المستوى الأمثل من بروتين الغذاء لن يقابل باستمرار زيادة نمو الجسم (بل قد يقل في بعض الأنواع) وربما أساء إلى تصافي وتشافي السمك وخفض من الكفاءة الاقتصادية لإنتاج الأسماك لأن البروتين سيستخدم في هذه الحالة كمصدر طاقة كذلك لكنه مرتفع السعر عن مصادر الطاقة التقليدية (دهون وكربوهيدرات) ، لذلك ينبغي قصر المحتوى البروتيني للعليقة على الحد اللازم للعمليات البنائية في الجسم Anabolism أى النمو، خاصة وأن فقد الطاقة نتيجة تناول الغذاء أومايطلق عليه بالفعل الديناميكى النوعى Specific Dynamic Action (SDA) يزيد بزيادة كمية بروتين الغذاء .

وإضافة الدهون لعلائق الأسماك لها فعل ادخاري للبروتين ، فإحلال الدهن جزئيا (٥ ٪) محل البروتين يركز طاقة العليقة ويوفر بروتينها ولم يضر بالنمو بل حسن من الاستفادة من البروتين وهضم الطاقة والكربوهيدرات لكن زيادة نسبة الطاقة / البروتين تزيد من ترسيب الدهن في السمك ، بينما زيادة الطاقة مع ثبات البروتين تحسن من الكفاءة الغذائية . وعموما ثبت احتياج السمك إلى ٧,٥ كيلو كالورى (٣١,٣٨ كيلو جول) طاقة ميتابوليزمية لكل جرام بروتين في العلف ، وإن أقصى امتصاص للبروتين يتم الحصول عليه من علائق تحتوى ٩ كيلو كالورى (٣٧,٦٦ كيلو جول) طاقة ميتابوليزمية / جم بروتين ، بينما أقصى امتصاص للطاقة قد تتم عند احتواء العليقة على ٧ كيلو كالورى (٢٩,٢٩ كيلو جول) / جم بروتين . وبزيادة بروتين العليقة (أى زيادة طاقة البروتين كنسبة مئوية من الطاقة الكلية) يقل احتجاز البروتين (كنسبة مئوية للبروتين المحتجز من البروتين المستهلك) ونسبة كفاءة البروتين (نسبة الزيادة في الوزن إلى البروتين المستهلك) . إلا أن ارتفاع مستوى بروتين العليقة يزيد من طول وعرض وارتفاع ووزن مبايض إناث السمك فيزيد بالتالي نسبة المناسل إلى وزن الجسم Gonadosomatic Ratio ، وعموما

فهناك ارتباطات معنوية بين وزن المناسل ووزن الجسم الكلى لإناث الأسماك على أى مستوى بروتين غذائى .

وجودة البروتين أو محتواه من الأحماض الأمينية الأساسية Essential Amino Acids البالغ عددها عشرة (من عشرين حمض أميني تدخل فى بناء البروتينات) والتى ينبغى توفرها فى الغذاء (بينما العشرة الأخرى يمكن إنتاجها من مواد عضوية أخرى فى أثناء التمثيل الغذائى) ذو أهمية قصوى . وتتطلب الأسماك هذه الأحماض الأمينية بنفس الأنواع والنسب كما فى الإنسان وباقى الفقاريات . وهذه الأحماض الضرورية هى الأرچينين Arginine والهيستيدين Histidine والإيزوليوسين Isoleucine واللبوسين Leucine والليسين Lysine والمثيونين Methionine والفينيل ألانين Phenylalanine والثريونين Threonine والتريبتوفان Tryptophan والفالين Valine .

وتتحدد الأستفادة من الأحماض الأمينية حسب نوع السمك ومحتوى العليقة من البروتين والطاقة والفيتامينات والمعادن . فقد أمكن تحسين الاستفادة من مخلوط الأحماض الأمينية فى عليقة أسماك المبروك بإضافة البوتاسيوم حتى ١,٤١ ٪ من العليقة . ولما كانت تتشابه الاحتياجات الغذائية من الأحماض الأمينية الأساسية للسمك مع محتوى عضلات السمك من نفس هذه الأحماض ، فإنه ينصح باستخدام مسحوق السمك مستخلص الدهون أو عضلات سمك مستخلصة الدهون كبروتين قياسى فى علائق الأسماك ، إذ أن البروتين الحيوانى له أعلى قيمة غذائية ، ولذا فإحلال البروتين النباتى محل الحيوانى يخفض محتوى العليقة من الأحماض الأمينية الضرورية بما يستلزم إضافة هذه الأحماض الأمينية الضرورية الناقصة (والتى تحدد من النمو) بإضافات مخلقة Synthetic أو أن يكون الإحلال جزئى أى تظل العليقة محتوية على بروتين حيوانى . خاصة وأن الأسماك آكلة اللحوم (وعلى وجه الخصوص التى لها حاسة شم قوية تستغلها فى الوصول إلى غذائها) لاتقبل على هذه العلائق المضاف إليها أحماض أمينية مخلقة ، علاوة على أن الأسماك المختلفة لاتستفيد بنفس الدرجة من الأحماض الأمينية الحرة ، ويتغلب على ذلك بتغطية هذه الأحماض الحرة بالكازين مما يساعد على سرعة امتصاصها على حد سواء فى القراميط والمبروك والبلطى . بل إن الأحماض الحرة فى علائق البلطى الأخضر تعتبر مشهيات فتزيد استهلاك الأكل .

وتختلف الاحتياجات من الأحماض الأمينية الضرورية باختلاف نوع السمك ، فقد قدرت هذه الاحتياجات على أفضل مستوى بروتين عليقة (إذ تزداد هذه الاحتياجات على الأقل من بعض هذه الأحماض بزيادة بروتين العليقة حتى المستوى المثالى من استهلاك البروتين) لبعض أنواع السمك كالتالى :

الحمض الأميني الضروري ٪ من العليقة	نوع السمك (ونسبة البروتين فى العليقة)		
	سالمون (٤٠ ٪)	ثعبان (٣٧,٧ ٪)	مبروك (١٣,٢ ٪)
أرجنين	٢,٤	١,٧	١,٦
هيستيدين	٠,٧	٠,٨	٠,٨
إيزوليوسين	٠,٩	١,٥	٠,٩
ليوسين	١,٦٠	٢,٠	١,٣
ليسين	٢,٠	٢,٠	٢,٢
ميثيونين	*١,٦	*١,٩	**١,٢
فينيل الانين	***٢,١	***٢,٢	***٢,٥
ثريونين	٠,٩	١,٥	١,٥
تربتوفان	٠,٢	٠,٤	٠,٣
فالين	١,٣	١,٥	١,٤

* ميثيونين + سيستين

** فى غياب السيستين

*** فى غياب التيروزين

وعلى ذلك تنشأ مشاكل فى تعيين المقننات من هذه الأحماض عند تكوين الجزء البروتينى من العليقة للأنواع الأخرى غير المقدر لها احتياجاتها من الأحماض الأمينية (الأنواع البحرية) لاختلاف هذه الاحتياجات باختلاف السمك كما بدا من الجدول السابق .

والأحماض الأمينية لاتدخل فقط فى تكوين البروتينات ، بل لها أدوار عديدة أخرى ، فالتربتوفان مثلا يعمل كمولد للسيروتونين Serotonin وحمض النيكوتينيك ويعمل على تنظيم ميتابوليزم الكربوهيدرات .

وكما اتضح من دراسة أكثر من نوع سمكى أن لبعض الأحماض الأمينية فعلا ادخاريا للأحماض الأمينية الأخرى ، فالسيستين والتيروزين يمكنها أن يوفرا أو يحلا محل جزء من ميثيونين وفينيل ألانين العليقة (على الترتيب) ، إذ يتحول الميثيونين إلى سيستين والفينيل ألانين إلى تيروزين فى الميتابوليزم فى كثير من الحيوانات والأسماك . كما يوجد تداخل بين بعض الأحماض الأمينية وبعضها كتداخل الليوسين مع الإيزوليوسين ، وتضاد العلاقة بين الليسين والأرجينين فزيادة الليسين فى العليقة تزيد الاحتياجات إلى

الأرجينين ، ويتطلب إضافة التيروزين إلى العلائق منخفضة الفينيل ألانين لتداخلهما مما فى التأثير على النمو ، ففى حالة نقصهما من العليقة ينخفض النمو . وهناك شبه اعتقاد فى أن بكتريا الأمعاء تخلق الأحماض الأمينية الضرورية جزئيا فى بعض أنواع السمك المرباة بطريقة غير مكثفة ، فتغطى جزءا من متطلبات الأسماك من الأحماض الأمينية .

ويمكن تقدير الاحتياجات من الأحماض الأمينية عن طريق نتائج تركيب الجسم الكلى للسمك من الأحماض الأمينية الضرورية عند أفضل نمو للسمك (وإن كان امتصاص الأحماض الأمينية يختلف باختلاف مصدر البروتين والفترة الزمنية بعد التغذية) ، وكذلك تقدر الاحتياجات عن طريق التغذية على علائق متدرجة المحتوى من حمض أمينى معين ويعين المستوى من الحمض الذى يؤدى إلى أفضل زيادة فى وزن الجسم والكفاءة الغذائية وتركيز الحمض فى العضلات وفى البلازما ، وقد تستخدم الأحماض الأمينية المرقمة إشعاعيا سواء بالتغذية أو بالحقن وتتبع أكسدتها . ويعبر عن الاحتياجات من الأحماض الأمينية بالجرام / ١٠٠ جم بروتين لكل حمض على حدة ، أو بالمليجرام حمض أمينى متطلب / كيلو جرام وزن جسم / يوم .

وعموما فهناك اختلافات كبيرة بين نتائج الباحثين بالنسبة للاحتياجات من الأحماض الأمينية تتوقف على نوع السمك والطرق المستخدمة والمقاييس التجريبية . ويراعى عند استخدام بروتين الصويا محل مسحوق السمك أن يضاف الحمض الأمينى المحدد Limiting Amino Acid فى الصويا (ميثيونين) ، وعند استخدام مخلفات الدواجن والريش يضاف ١,٧ ٪ ليسين هيدروكلوريد مع ٠,٤٨ ٪ ميثيونين مع ٠,١٤ ٪ تريبتوفان .

ويزيد ارتباط الأحماض الأمينية ببروتين جسم السمك بزيادة درجة حرارة الماء حتى حدوبها الحرجة وبعدها يقل بسرعة ، كما يقل هذا الارتباط بصيام السمك وبانخفاض تركيز الأوكسجين الذائب أو انخفاض حجم الماء ، ويزيد الأنسولين من هذا الارتباط (تخليق البروتين) . ويظل مستوى بروتينات بلازما السمك ثابتا ، إذ يحدث تنظيم بين مستوى بروتينات البلازما وإخراج البروتين .

احتياجات بعض أنواع الأسماك من الأحماض الأمينية الضرورية كنسبة مئوية من بروتين العليقة

الحمض الأميني	قـــرامـيط	ثعـــابين	المبـــروك العادي	سالمـــونات
أرجينين	٤,٣	٣,٩	٣,٨ – ٤,٤	٦,٠
هيستيدين	١,١	٣,٦	١,٤ – ٢,١	١,٨
إيزوليوسين	٢,٣	٤,١	٢,٣ – ٢,٦	٢,٢
ليوسين	٣,٤	٣,١	٣,٣ – ٤,٨	٣,٩
ليسين	٥,١	٤,٨	٥,٣ – ٦,٠	٥,٠
ميثيونين *	٢,٣	٤,٩	٣,١ – ٤,٠	٤,٠
فينيل الانين * *	لم تقدر	لم تقدر	٤,٩ – ٥,٢	٥,١
ثريونين	٢,٢	٣,٦	٣,٣ – ٣,٩	٢,٢
تربتوفان	٠,٥	١,٠	٠,٦ – ٠,٨	٠,٥
فالين	٣,٨	٣,٦	٢,٩ – ٣,٦	٣,٢

* ميثيونين + سيستين (١/٣ هذه الاحتياجات على الأقل ميثيونين) .

* * فينيل ألانين + تيروزين (١/٢ هذه الاحتياجات على الأقل من الفينيل ألانين) .

هذا وتختلف معاملات هضم الأحماض الأمينية باختلاف مصادرها كالتالي :

مادة العلف	مسحوق سمك	مسحوق دواجن مخلفات مجازر	مسحوق حيوانات
٪ بروتين خام	٨٩,١	٧٧,٦	٧٥,٥
٪ هضم أحماض أمينية كلية	٩١,٦	٨١,٨	٧٥,٦

وعليه أيضا تختلف معاملات هضم الأحماض الأمينية المنفردة المختلفة باختلاف مصدرها .

رابعـاً : الدهـــون Fats :

هناك علاقة مابين طاقة العليقة والاستفادة من بروتينها ، فأفضل نمو فى القراميط كان على عليقة تحتوى ١١,٥ ميجاجول / كجم و ٢٤ ٪ بروتين أو ١٤,٣ ميجاجول / كجم مع ٢٨ – ٣٢ ٪ بروتين ، وبإضافة ١٨ ٪ دهن إلى عليقة المبروك أمكن خفض بروتينها من ٤٥ إلى ٢٩ ٪ دون انخفاض فى نمو الجسم . فتوفير مصدر طاقة فى العليقة يوفر البروتين للنمو ولايجعل الأسماك تستخدم بروتين العليقة لإنتاج الطاقة . بينما زيادة مصادر الطاقة فى العليقة تؤثر سلبيا على الاستفادة من بروتين العليقة ، إذ

تستهلك الاسماك من الطيقة حتى تغطى احتياجاتها الحرارية فلا تستفيد من بروتين الطيقة لقلة المستهلك منها ، ومن التاثيرات السلبية كذلك لزيادة طاقة الطيقة هو زيادة كمية دهن الجسم وهو أمر غير مرغوب يؤدى إلى إنتاج أسماك منخفضة التصافى .

وعلى كل حال فإن الاحتياجات الحرارية للسمك أقل كثيراً منها للحيوانات الأرضية ، لذلك تتناول الأسماك نسبة بروتين : طاقة ضيقة جدا .

وفيما يلى الطاقة الميتابوليزمية لبعض الأعلاف (بالميجاجول / كجم) المستخدمة للمبروك :

مـــادة العلف	الطاقة الميتابوليزمية
أذرة	١٤,٥
قمـــــح	١٣,٠
نواتج طحن قمح	٨,٨٦
كسب فول صويا	١١,١
كسب بذرة قطن	١١,١
مسحوق سمك	١٤,٦
مسحوق لحم دواجن	١٤,٨
مسحوق ريش	١٢,١
فرشة دواجن	٦,٢٧
مسحوق برسيم حجازى	٧,٥٢
زيت أو دهن	٣٧,٦-٣٣,٤

وتستخدم جداول الطاقة لأعلاف الدواجن عند حساب احتياجات الأسماك ، وفى ذلك خطأ ناتج من الفرق بين الدواجن والأسماك فى أن الأولى تنتج حمض اليوريك (به ٣٥ ٪ من طاقة بروتين الطيقة) بينما السمك ينتج أمونيا (معدومة الطاقة تقريبا) ، علاوة على أن تخليق وإخراج حمض اليوريك يتطلب طاقة ، وإخراج السمك للأمونيا فى الماء عن طريق الخياشيم لايتطلب طاقة .

وتتطلب الأسمـــاك الدهون Lipids كمصدر للطاقة والنمو ولحفظ تركيب ووظيفـة الأغشيـة الخلـوية (والمسئول عن ذلك محتوى الدهـــون من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع) ، ومعروف منذ القدم أن الدهون تلعب دورا كبيرا فى كيمياء الحيوانات المائية وعلى الأخص البحرية منها ، وذلك راجع لتميز الزيوت البحرية (عن الدهون للحيوانات الأرضية) بغناها بالفيتامينات الذائبة فى الدهون والأحماض الدهنية غير المشبعة العالية ، ولأن عديد من الحيوانات البحرية تحتوى كميات كبيرة من الزيوت سهلة الاستخلاص كزيت كبد الحوت . مما يستلزم ضرورة توفير الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع طويلة السلسلة فى غذاء هذه الأسمـاك . ووجود كميات كبيرة من الزيت فى الأسماك يعنى أن الدهون (أكثر من الكربوهيدرات) هى

المخزون المفضل للطاقة في الأسماك في بيئتها الطبيعية ، وهذه تنطبق على كل الأسماك وخاصة البحرية منها .

وتعتبر استرات الشموع مصادر دهن غذائي عادية لكثير من الأسماك كالأسماك البحرية المغذاة على الهوائم الحيوانية التي يخزن فيها الدهن في صورة استرات شمع أساسا (٣/١ - ٣/٢ وزنها الجاف) رغم أن استرات الشمع غير محبة للماء Hydrophobic بشكل أقوى من الجليسرولات ثلاثية الأسيل وعليه فهي أكثر صعوبة في استحلابها لكن لعصائر أمعاء الأسماك البحرية القدرة على تحليلها وربط نواتج تحللها بدهون الأنسجة ، وإن كان هضم استرات الشموع يتباين بشدة باختلاف الأنواع السمكية إذ يتوقف على شكل الأمعاء ومدى وجود الزوائد الأعورية التي توفر إطالة وقت الامتصاص للغذاء في الأمعاء لضمان تحلل كامل لاسترات الشمع ، بينما لاتوجد استرات الشمع بأي تركيز ملموس في بيئة المياه العذبة وبالتالي فلا تستهلكها أسماك الماء العذب بل تستهلك الجليسريدات الثلاثية كمكون أساسي لدهنها . ويؤثر مستوى دهن العليقة على تركيب جسم السمك ، فزيادة دهن العليقة تزيد من دهن الجسم وتخفض من محتواه البروتيني والمعدني ، وزيادة تخزين الدهون في السمك تؤدي إلى مشاكل في التخزين (للأكسدة الذاتية للدهون) والتسويق (طعم سمكي) وصحة الإنسان (كثير من الكيماويات السامة تذوب وتتراكم في دهن السمك) ، وزيادة دهن عليقة الأسماك في حدوده المثلى تحسن من التحويل الغذائي (ولكن ربما تؤدي زيادة دهن العليقة إلى إتلاف الكبد وربما نفوق السمك خاصة لو كان الزيت زنخا أو متأكسدا) وإن كان دهن السمك يتأثر كذلك بدرجة حرارة الماء ومعدل النمو وكثافة السمك في الماء والنضج الجنسي بجانب مكونات العليقة وتركيبها والاستعداد الوراثي . وهناك علاقة وثيقة بين رقم اليود لدهن السمك ورقم اليود لدهن العليقة المقدمة للسمك (رغم أن بعض أنواع الأسماك يمكنها تخليق الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع من مصادر غير دهنية) ، ويؤثر دهن العليقة على لون سيرم بعض الأسماك والذي يتلون بالأخضر المزرق لاحتوائه على معقد بروتيني نو صبغة يحتوي على جزء كبير من الدهون وهذا اللون يتوقف على الموسمية التي تؤثر في نوع وكمية الغذاء ، وتستخدم في تغذية الأسماك دهون عديدة كزيت السمك وزيت الصويا وزيت اذرة وزيت زيتون ودهن الخنزير ودهن البقر وكذلك خليط زيت السمك مع الدهون الحيوانية وذلك في حدود نسبة ١٠ - ٢٠ ٪ بدون تأثيرات سلبية على النمو ، مع احتوائها على الكميات المتطلبة من الأحماض الدهنية الأساسية وعلى أن تكون الدهون مهضومة أي منخفضة نقطة الانصهار إذ تتوقف معاملات هضم الدهون على درجة عدم التشبع أو نقطة الانصهار (أكثر مما تتوقف على مصدرها نباتي أو حيواني) فإذا كانت درجة الانصهار لدهن العليقة أعلى من درجة حرارة البيئة يكون الدهن منخفض الهضم . ويراعى عدم استخدام الدهون الزنخة Rancid وكذلك زيت بذور القطن (لمحتواه من الحمض الدهني الحلقي Cyclopropene fattyacid السام) في تغذية الأسماك الحساسة لذلك .

ومن الضروري توفير احتياجات السمك من **الأحماض الدهنية الضرورية** Essential Fatty Acids ، وهي الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع طويلة السلسلة (خاصة حمض اللينولينيك Linolenic

Acid) والتى تتطلبها الأسماك بنسبة ١ ٪ من كل من حمض اللينولينيك وحمض اللينوليك Linolic Acid ، فهذا الخليط أفضل فى تأثيره على نمو الأسماك عن إضافة أى من الحمضين كل على حدة (والذان لاتخلقهما الأسماك) . وزيادة مستوى دهن العليقة يزيد الاحتياج من الأحماض الدهنية الضرورية . واحتياجات أسماك البلطى الأخضر من اللينوليك (أكثر من اللينولينيك) تبلغ حوالى ١ ٪ من العليقة ، والمبروك ١٪ لينولينيك و ١٪ لينوليك . وقد يعبر عن الاحتياجات من الأحماض الدهنية الضرورية كنسبة من دهن العليقة كأن يقال : إن التروت مثلا يحتاج إلى حمض اللينولينيك بنسبة ٢٠ ٪ من دهن العليقة أو بنسبة ٢,٧ ٪ من الطاقة الكلية للعليقة .

وتتوقف عموما الاحتياجات من الأحماض الدهنية الأساسية للأسماك على عمر السمك وظروف المياه والعليقة ، فاليرقات احتياجاتها عالية بالنسبة لفترات العمر الأخرى ، أسماك المياه المالحة تعجز عن تخليق هذه الأحماض عن أسماك الماء العذب ، لذلك فاحتياجاتها أعلى من احتياجات أسماك الماء العذب .

ودهن الغذاء يؤثر على طعم لحم السمك ، لذا يجب المحافظة على حد أدنى من الدهن فى العليقة لايجب الانخفاض عنه .

خامسا : الكربوهيدرات Carbohydrates :

تلعب الكربوهيدرات دورا أقل أهمية فى الأسماك عنه فى الثدييات ، لذا فإنه لمن غير المعتاد أن تكون علائق السمك غنية بالكربوهيدرات ، فعليقة العديد من أنواع السمك تتكون غالبا من البروتين فقط تقريبا ، إذ أن معظم طاقة السمك اللازمة للسباحة تستمدها من أكسدة الدهون أو الجلوكوز الناتج من الأحماض الأمينية ، إلا أن إضافة نسبة من الكربوهيدرات فى عليقة السمك يوفر من أستخدام بروتينها كمصدر للطاقة (غالى الثمن) ، كما يمكن إحلال مستويات أعلى نسبيا من الكربوهيدرات محل الدهون جزئيا فى علائق السمك دون خفض معدلات النمو أو الكفاءة التحويلية . والسمك عموما أقل قدرة عن الثدييات فى تمثيله للجلوكوز وذلك لنقص نشاط إنزيمات الهكسوكيناز ، وإن كانت الأسماك فى استفادتها من الطاقة تتشابة مع مايحدث فى الثدييات المريضة بمرض السكر Diabetic Mammals ومن هنا تأتى أهمية البروتينات فى أكسدة أحماضها الأمينية وتدخل فى تخليق الدهون التى تخزن بالكبد وإنتاج الطاقة فى الأسماك .

ورغم إنخفاض الطاقة المتولدة عن حرق الكربوهيدرات بالنسبة لطاقة الدهون والبروتينات ، إلا أن الكربوهيدرات تعتبر أرخص مصادر الطاقة فى العليقة . ومصادر الكربوهيدرات أساسا الحبوب ومخلفاتها. ولايوجد مستوى فعلى موصى به من الكربوهيدرات فى علائق الأسماك (لأنها يمكن تخليقها من مصادر الدهون والبروتين الغذائية) إلا أن إضافتها لها فعل موفر للبروتين Protein - Sparing Action (كما ذكر من قبل) وللدهن كمصدر للطاقة (إذ توفر الأحماض الأمينية والدهنية لأغراض النمو) ، كما تزيد الكربوهيدرات من حجم العليقة وتربط مكوناتها . وللأسماك آكلة العشب ومتنوعة التغذية قدرة كبيرة على

الاستفادة من الكربوهيدرات فيمكن تغذيتها على نسبة عالية من الكربوهيدرات حتى ٥٠ ٪ وأكثر بشرط ألا يكون ذلك عقب صيام شديد ، إذ تؤدى العلائق الغنية بالكربوهيدرات إلى نسبة عالية من النفوق بين أسماك المبروك عند تقديمها للسمك بعد صيام شديد . كما تتوقف استفادة المبروك من المصادر الكربوهيدراتية على تكرار التغذية ، وإن كان معدل النمو عند التغذية على المالتوز أو الجلوكوز يتساوى أو يفوق معدل النمو عند التغذية على النشا .

والأسماك آكلة اللحوم لاتحتمل التغذية المرتفعة الكربوهيدرات ، وإن أمكن أقلمتها تدريجيا ولدى معين على الاستفادة من كربوهيدرات العليقة . فأسماك السالمون لاينبغي زيادة كربوهيدرات عليقتها عن ١٢ ٪ وإلا زادت نسبة النفوق ، ويزيد مستوى جلوكوز دمائها أى تتفاعل كمرضى السكر Diabetics . وأسماك التراوت يمكن زيادة كربوهيدرات علائقها إلى ١٥ – ٣٠ ٪ دون تأثيرات ضارة على النمو والحيوية وإن أدى هذا المستوى من الجلوكوز إلى زيادة دهن الأحشاء وجليكوچين الكبد ، إذ أنه على درجة الحرارة المنخفضة تقل الاستفادة من الكربوهيدرات مؤدية إلى زيادة تخزين الجليكوچين فى الكبد ودليل الكبد الجسمى (وإن كانت زيادة جليكوچين الكبد ودليل الكبد الجسمى Hepato - Somatic Index (وزن الكبد / وزن الجسم × ١٠٠) مرتبطان بانخفاض تحمل سموم الماء وتلف وظائف الكبد) . وتهضم أسماك التراوت الكربوهيدرات بمعدلات متباينة فالجلوكوز تهضمه بمعدل ٩٩ ٪ ، والمالتوز ٩٢ ٪ ، السكروز ٧٣ ٪ ، اللاكتوز ٦٠ ٪ ، النشا المطبوخ ٥٧ ٪ ، النشا الخام ٣٨ ٪ ، فالكربوهيدرات الأكثر هضما هى السكريات الأحادية يليها السكريات الثنائية فعديدات التسكر البسيطة ثم الدكسترين والنشا . ويهضم المبروك فى المتوسط ٨٥٪ من النشا (إذا كان فى حدود ١٩ – ٤٨ ٪ من العليقة) . ويرتبط نشاط السليولاز بميكروفلورا القناة الهضمية حتى مع حبس السمك فى أحواض وتغذيته على المحببات . وعموما فالأسماك ليس لديها قدرة على تمثيل الجلوكوز غذائيا بسرعة ، ومبروك الحشائش أقدر على الاستفادة من الجلوكوز يليه ثعبان السمك ثم المبروك فالتراوت . وعلى ذلك فالأسماك عند صيامها لاستنزف جليكوچين أكبادها بسرعة كما لايختلف تركيز جلوكوز دمائها حتى بعد صيام فتره طويلة . وقد يتوقف معدل أكسدة الجلوكوز على محتوى العليقة من البروتين فزيادة مستوى البروتين (٥٠ ٪) تخفض معنويا من أكسدة الجلوكوز عنه على ١٠ ٪ بروتين (مع ارتفاع النشا) لأن الأحماض الأمينية تتفوق على الجلوكز كمصدر للطاقة فى الأسماك .

ونظرا لأرتفاع أسعار مسحوق السمك كأهم مصدر بروتين حيوانى فى علائق الأسماك ، فإنه غالبا مايضطر إلى إحلال البروتينات النباتية جزئيا محل مسحوق السمك ، ولذا تتوفر الألياف فى علائق السمك بدخولها مع الأكساب والحبوب والمنتجات الجانبية للتصنيع الزراعى فى علائق الأسماك . إلا أن المعلومات محدودة عن الاحتياجات الغذائية من الألياف للأسماك ، لذا يصعب تقييم مثل هذه المواد . إلا أنه تستخدم عادة مخلفات الحقول والمصانع ومزارع الدواجن والحيوانات المختلفة والمنازل والمطاعم وغيرها ، سواء كما هى أو بعد معاملتها بطرق مختلفة لتغذية الأسماك رغم غناها بالألياف ، فهى قد تتناسب مع طرق الإنتاج السمكى لكن غير المكثفة . وقد وجد أن إضافة القليل من السليلوز إلى علائق السالمون تزيد من النمو وكفاءة الاستفادة من البروتين ، كما وجد أن أفضل مستوى من السليلوز فى علائق القراميط هو ٢١ ٪ ، وإن كان وجود السليلوز فى صورة نقية (الفاسليلوز) كان قليل القيمة الغذائية فى علائق القراميط (أو المبروك

العادى أو التراوت التى أضيف إلى علائقها حتى ٢٠ ٪ منه فكان عديم الهضم ، بل خفض من نمو التراوت مقارنة بالعلائق غير المضاف إليها ألياف) ، والمبروك العادى له درجة عالية فى هضم ألياف العليقة تتراوح مابين ٢٥ - ٨٩ ٪ حسب نوع مادة العلف ودرجة طحنها ، فكلما زاد الطحن نعومة زاد معامل هضم الألياف، وإن كانت نتائج الأبحاث متباينة طبقا لنوع السمك ومصدر الألياف ذاتها ومستواها ومستوى البروتين ومصادر الطاقة الأخرى فى العليقة ومدى تخفيف العليقة ككل واستهلاكها وتفريغ المعدة والاستفادة من المغذيات بجانب فترة الأقلمة على هذه التغذية .

سادسا : الڤيتامينات Vitamins :

عوامل نمو أساسية لعدم إمكانية تخليقها أو لتخليقها بمعدل غير كاف لاحتياجات السمك ، وهى مركبات عضوية تتطلبها الأسماك بكميات صغيرة للنمو الطبيعى واكتمال الصحة وسلامة التناسل والميتابوليزم ، والڤيتامينات جزء من الأنظمة المساعدة الإنزيمية Coenzyme Systems فى العمليات البيوكيماوية Biochemical Pathways فى الأسماك كما فى الحيوانات الأخرى . وتتحصل الأسماك على الڤيتامينات فى غذائها وتخزن بعضها فى الكبد ، ولاتعتمد على تخليقها لهذه الڤيتامينات لعدم ثبات تركيب فلورا الأمعاء (التى تخلق بعض الڤيتامينات) فى أى فحص يجرى على السمك . وعموما فكل ڤيتامين يحتاجه الإنسان يعتبر كذلك ضروريا للأسماك . وتتأثر الاحتياجات الڤيتامينية بحجم الأسماك وعمرها ومعدل نموها والضغوط البيئية وظروف المياه والعليقة . والڤيتامينات مجموعتان ، إحداهما ذائبة فى الدهون والأخرى ذائبة فى الماء .

١ - الڤيتامينات الذائبة فى الدهون Fat- Soluble Vitamins :

وتشتمل على أربعة ڤيتامينات (أ ، د ، هـ ، ك) . وهى ضرورية لحفظ التركيب الطبيعى ووظائف العين والخياشيم وسلامة التراكيب الهيكلية والطلائية المتطورة . وتختلف الأنواع السمكية من حيث قدرتها على الاستفادة من مولدات (أحجار البناء الأولية) الڤيتامينات ، فهناك العديد من الأنواع (غير السالمونات) يمكنها تحويل ڤيتامين أ١ (A_1) إلى أ٢ (A_2) والعكس بالعكس ، كما تخلقهما من الكاروتينويدات Carotinoids فى العليقة ، كما تستفيد الأسماك من الكاروتينويدات المؤكسدة كالأستا اكسانثين Astaxanthine الذى تتحصل عليه الأسماك بكميات كبيرة عند تغذيتها على القشريات .

وتختلف الأسماك من حيث قدرتها على تحويل هذه الصبغات ، فإما أن :

١ - لاتغير من الصبغة بل تخزنها فقط .

٢ - أو أن تحدث بعض التغييرات كتحويل البيتاكاروتين إلى استا اكزانتين .

٣ - أو تكوين استا اكزانثين لكن ليس من البيتاكاروتين ، إذ يمكن تكوينة من اللوتئين Lutein والزيا اكزانثين Zeaxanthin .

وتقوم الأسماك بإنتاج نسب مختلفة من الصبغات البصرية (الحساسة للضوء والتى يدخل الريتينول Retinol (فيتامين أ ١) فى تخليقها) بإختلاف المواسم أى باختلاف زاوية سقوط أشعة الشمس على الأفق ، وتنفرد الأسماك بإمكانيتها تكوين سلسلة منفصلة من الصبغات البصرية من الديهيدرو ريتينول (فيتامين أ٢) لتحقيق حساسية إضافية للطرف الأحمر من الطيف عند معيشتها فى الماء العذب . هذا ويمكن تخليق اللوتئين Lutein والبيتاكاروتين B-Carotine ولعل ما كذلك الكانثا اكسانثين Canthaxanthine من مشتقات أخرى ، وترجع الأهمية التجارية لتخزين الكاروتينويدات إلى إعطائها اللون المقبول للحم السمك للأكل وكذلك الألوان البراقة فى الجلد لسمك المعارض ، وعلى ذلك فللحصول على لون لحم سالمون مرغوب تضاف مخلفات الجمبرى أو الكانثا اكسانثين المخلق إلى العلائق ، إذ يميز المستهلك السالمون أساسا من لونه وعليه يتوقف سعر السالمون المتزايد على مستوى التلوين الحادث فى الأسماك .

ولايخضع فيتامين (د) فى السمك إلى التخليق عند التعرض للشمس كما فى الثدييات ، فهناك أسماك لاتتعرض بتاتا أو قد تتعرض نادرا للشمس ورغم ذلك يخزن فيتامين (د) (فلربما لدى هذه الأنواع القدرة على تخليقة) وعلى العكس من ذلك فسمك الذهب المعرض بشدة لضوء الشمس يحتوى قليل أو قد لايحتوى على هذا الفيتامين . ووجود فيتامين (D) فى السمك لايرتبط بتكوين العظام ، إذ أن عديد من أنواع السمك عديمة الهيكل العظمى وتختزن فيتامين (د) لعل ما ، وإن كان فيتامين (D_3) (كوليكالسيفيرول) ضرورى للنمو الطبيعى لهيكل أنواع أخرى من الأسماك ، علاوة على أن (D_3) حجر بناء (مولد Precursor) لهرمون ١ - ٢٥ - دى هيدروكسى د٣ الذى يتدخل فى امتصاص الكالسيوم والفوسفور . ولم تثبت بعد الاحتياجات من فيتامين (د) للمبروك .

وفيتامين هـ (E) Tocopherol متطلب للنمو الطبيعى للسمك وكمضاد للأكسدة فيمنع تجزىء الفوسفوليبيدات فى الأغشية البيولوجية . وإضافته إلى علائق أسماك الذيل الأصفر المستزرع فى اليابان تجعلها تتحمل أنخفاض الأوكسجين الذائب فى الماء إذ أن فيتامين (هـ) يزيد الاستفادة من الأوكسجين فى الأسماك المستزرعة . وتتوقف الاحتياجات منه على مستوى الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع فى العليقة .

ولم يظهر فيتامين ك (K) أى تأثير على النمو وحيوية السمك .

ب - الفيتامينات الذائبة فى الماء Water -Soluble Vitamins :

وتحتوى مجموعة كبيرة (١١) من الفيتامينات التى تذوب فى الماء ، لذا فتتوقف احتياجات السمك من هذه الفيتامينات على مدى ثبات العلف فى الماء ومدة تعرضه للماء قبل الأكل .

فمجموعة فيتامين (ب) المركب B - Complex-group أو الخميرة تؤدى إلى زيادة حيوية المبروك الهندى وزيادة نموه معنويا . وفيتامينات - ب - المركبه تشكل مركبات أساسية لمختلف المساعدات الإنزيمية Coenzymes وعادة تتفاعل فيما بينها تعاونيا Synergistically وهى مسئولة عن حفظ وظائف النمو .

واحتياجات أسماك المبروك من فيتامينات (ب) أقل من احتياجات السالمون . **الثيامين** Thiamine (ب١ - B_1) هام لأكلات العشب لأن احتياجه مرتبط باستهلاك الكربوهيدرات ، فتظهر أعراض نقصه فى المبروك بارتفاع محتوى العليقة من الكربوهيدرات أو مضادات الثيامين ، وإن ذكر آخرون أن احتياجات المبروك من الثيامين منخفضة علاوة على مقاومة المبروك لمضادات الثيامين . وللثيامين تأثير على نمو السمك ونشاط إنزيم Erythrocyte Transketolase فى أسماك التربوت . **والريبو فلافين** ومشتقاته حيوية لكل الحيوانات بما فيها الأسماك لأنها تعمل كمستقبلات لأيون الهيدروچين فى كثير من الأنظمة الإنزيمية فى سلسلة نقل الألكترون . ونقص الريبو فلافين (ب٢) Riboflavin (B_2) فى العليقة يصاحبه نقص الفيتامين فى لحوم الأسماك . وترتبط احتياجات البيريدوكسين (ب٦ - B_6) Pyridoxine ببروتين العليقة وعليه فهو هام للأسماك آكلة اللحوم . **البيوتين** Biotin أو فيتامين (H) جزء أساسى من الأنظمة الإنزيمية المنظمة للتفاعلات التى يدخلها مجاميع الكربوكسيل الحيوية Vital Carboxylation ومنها بيروفات كربوكسيلاز (الذى يدخل فى تخليق الجلوكوز من غير المصادر الكربوهيدراتية) واسيتيل مساعد انزيم (أ) كربوكسيلاز Acetyl CoA Carboxylase الهام فى تحلل الدهون ، وعليه فيلعب البيوتين دورا أساسيا فى ميتابوليزم الكربوهيدرات والدهون وفى تخليق مختلف البروتينات . وللأسماك احتياجات من البيوتين (وإلا ظهرت أعراض نقصه) تضاف عادة فى الإنتاج المكثف من الأسماك المختلفة . **والفولات** أو حمض الفوليك Folic Acid لم تثبت أهميته لأسماك المبروك رغم إضافته إلى علائق الأسماك . والاينوسيتول Inositol (أو الانسيتال Insital أو الميوانوسيتول Myoinositol) مركب بنائى للأنسجة الحية . أن الميزوانيوسيت هام فى ميتابوليزم الكربوهيدرات ، وينتمى إلى مجموعة فيتامينات (ب) ، وله خواص محبة للدهون كذلك مما يجعل له دورا فى ميتابوليزم الدهون ، كما له دور فى حفظ وظائف القناة الهضمية ، كما يمنع مرض الكبد الدهنى Fatty Liver وتراكم الكوليسترول فى الكبد ، ويحسن التحويل الغذائى ، ويمنع أعراض الأنيميا ، إذ يزيد هيموجلوبين الدم والنسبة الحجمية لجسيمات الدم Haematocrit وعدد كرات الدم الحمراء ، ويزيد انتعاش السمك ونموه ، ولايخفض الميزوانيوسيت فقط من دهن الكبد ، بل خفض كذلك من الرقم اليودى له بمعنى خفضه للأحماض الدهنية غير المشبعة ذات الروابط الزوجية ، وهذا كله يعكس التأثير الموجب للميزوانيوسيت على الصحة ، وفى حالة الظروف المضطربة فإنه يقلل من تأثيرها على ميتابوليزم الكبد ، كما فى حالة مرض تلف الكبد الدهنى الذى تشفى منه الأسماك بإضافة هذا الفيتامين . أما **النياسين** Niacin أو حمض النيكوتينيك Nicotinic Acid فيلعب دورا هاما كمكون أساسى فى مساعدات الإنزيم NAD و NADP الناقلة للهيدروچين والتى تدخل فى عدد من تفاعلات الأكسدة والاختزال . ولما كان التربتوفان ليس حجر بناء كفء للنياسين فى عدين من أنواع السمك (لذا يجب توفيره فى العليقة) وذلك لانخفاض نسبة إنزيم حمض ٣- هيدروكسى أنثرانيليك أو كسيچيناز إلى إنزيم حمض بيكولينيك كربوكسيلاز فى الكبد (ارتفاع هذه النسبة يدل على كفاءة تحويل الحمض الأمينى تريتوفان إلى فيتامين النياسين) . **وفيتامين ب١٢** (B_{12}) أو السيانوكوبال أمين Cyanocobalamine فهو ضرورى للنمو وتكوين الدم والأنسجة العصبية ، ولايشترط إضافته فى علائق بعض الأسماك للمياه الدافئة

كالقرموط والبلطى النيلى والمبروك وغيرها من أسماك الماء العذب (وكذا حمض الفوليك وفيتامينات د ، ك) لقدرة هذه الأسماك على تخليقها بفعل الكائنات الدقيقة فى أمعائها .

ويستكمل **فيتامين ج** (C) أو حمض الاسكوربيك Ascorbic Acid مجموعة الفيتامينات الذائبة فى الماء . والأسماك من الفقاريات التى يعوزها تخليق هذا الفيتامين (مما يستلزم احتواء الغذاء عليه لمنع أعراض مرض الإسقربوط Scurvy) لعوزها إنزيم جلونولاكتون أو كسيداز L-Gulonolactone Oxidase اللازم للتخليق الحيوى للاسكوربات Ascorbate من الجلوكوز وغيره . وإن كانت لبعض الأسماك (كالقراميط) قدرة على تخليق بعض من فيتامين (ج) أو مركبات لها قدرة تخليق الكولاجين ، والمبروك قدرة على تحويل الجلوكوز والجلوكورونولاكتون إلى حمض اسكوربيك لوجود إنزيم الجلوكونولاكتون أو كسيداز فى البنكرياس الكبدى للمبروك ، وعليه فلا يحتاج المبروك لإضافة هذا الفيتامين إلى العليقة . وللفيتامين دور فى عملية هيدركسلة Hydroxylation الأحماض الأمينية الليسين والبرولين فى الكولاجين (بروتين مكون أساسى للأنسجة الضامة) فى العظام والغضاريف والجلد ، وكذا الهيدركسلة فى تخليق الكارنيتين Carnitine ، وهيدركسلة العقاقير والسموم كمبيدات الحشرات العضوية المكلورة Organochlorine Pesticides وإزالة سميتها فى الكبد وزيادة الفيتامين فى العليقة تخفض من تركيز المبيدات الحشرية فى جسم السمك فهو عامل لإزالة السمية ، كما يقلل الفيتامين من الإصابات المرضية فينخفض النفوق عند الإصابات البكتيرية بزيادة تركيز الفيتامين فى العليقة لتقويته للجهاز المناعى للسمك . ويتحكم الفيتامين فى انتشار الحديد داخل الطحال وإعادة توزيع مخزون الحديد ، أى يلعب دورا فى ميتابوليزم الحديد والمعادن الهامة فيما عدا النحاس ويضاد التسمم بالمعادن الثقيلة . ويؤثر الحمض كذلك على التناسل والأقلمة ومقاومة الأمراض والضغوط Stresses المختلفة . لذلك تتوقف احتياجات السمك منه على حجم السمك وحالته الفسيولوجية والعوامل البيئية والتداخلات الغذائية ، والاحتياجات للنمو أقل من الاحتياجات لمقاومة الأمراض والضغوط البيئية . ونظرا لأكسدة الفيتامين فى وجود المؤكسدات التى تشجعها وجود الرطوبة والحرارة والضوء ، فيحافظ على ثباته بحماية العلف طبيعيا وكيماويا من عوامل الأكسدة مع إضافته إلى العلائق بكميات كافية (وإن كان هناك تعارض فى ضرورة إضافته إلى علائق المبروك على أساس مقدرته على تخليق حمض الأسكوربيك من الجلوكوز والجلوكورونولاكتون ، إلا أن المبروك الهندى يتطلب إضافات من الفيتامين بمقدار ٦٥٠ - ٧٥٠ مجم / كجم عليقة وإلا ظهرت أعراض نقصه) . ويحمى الفيتامين لأعلاف الأسماك بتغليفه بالشموع والدهون ، أو بأسترته ، ويعد كبريتات أسكوربيل L-Ascorbyl - 2 - Sulfate أكثر المشتقات ثباتا وإن كان نشاطه يعادل نشاط الفيتامين فى صغار التراوت قوس قزح ، إلا أنه ١/٤ نشاط الفيتامين بالنسبة لنمو القراميط . وأحدث مشتق للفيتامين هو إستر الفوسفات أو فوسفات أسكوربيل L- Ascorbyl – 2 – Monophosphate ، وثبت نجاح فعله مع القراميط لكن يحد ارتفاع سعره من استخدامه اقتصاديا فى أعلاف الأسماك رغم ثباته .

والمركب الأكثر ثباتا عن حمض الأسكوربيك سواء للحرارة أو الرطوبة هو استر مشتق عديد الفوسفات أسكوربيل L-Ascorbyl - 2- Polyphosphate الذى يناسب تكعيب العلف وضغطة وندفه Flaked Feed ، وتتوقف الاستفادة منه على وفرة إنزيم الفوسفاتاز ليحرر الفوسفات العامية للفيتامين ، وهذا النشاط الإنزيمى يختلف باختلاف أنواع الأسماك والظروف البيئية .

والفيتامين (ج) أهمية فى التفاعلات البيوكيماوية الخاصة بكل المجاميع الغذائية (بروتينات - دهون - كربوهيدرات - فيتامينات أخرى - هرمونات - معادن - نيوكلوتيدات - مجاميع تحمل السلفهيدريل ، فله تأثير موفر Sparing Effect لمختلف فيتامينات مجموعة (ب) والفيتامين (هـ) ، كما يتدخل فى تخليق الستيرويدات ويساعد فى منع أكسدة الأدرينالينات ومختلف النيوكليوتيدات ونواتج الميتابوليزم الأخرى . فكفاية الفيتامين متطلبة لحيوية ونمو السمك وكفاءة تحويله الغذائى ومنع التسمم وضرورى للخصوبة والفقس والمقاومة الأمراض وتكوين الغضاريف والعظام وميتابوليزم المعادن وإصلاح وتخليق أغشية الأنسجة والتئام الجروح . فالارتفاع محتوى أعضاء التناسل من الفيتامين ، ولدخول الفيتامين فى تخليق الهرمونات الإستيرويدية ، فزيادة تركيز الفيتامين فى علائق الأمهات تزيد فقس الزريعة وتزيد تركيز الفيتامين فى البيض وتزيد خصوبته .

والاحتياجات من هذا الفيتامين متسعة جدا (٢٠ - ٤٠٠ مجم / كجم عليقة) حسب نوع السمك ونموه وحالته الصحية وعمره ، فهى للقراميط ٣٠ - ٦٠ مجم / كجم علف حسب النمو الطبيعى (٣٠) أو لشفاء الجروح (٦٠) ، ويقل الاحتياج للفيتامين بزيادة عمر السمك ويجب إضافته بكم أكبر من احتياجاته الدنيا فى الإنتاج المكثف وأمراض التغذية والتلوث والأمراض والتلف الذى قد يطرأ عليه بتصنيع وتخزين العلف . وفيما يلى بعض التوصيات بالاحتياجات الفيتامينية المختلفة للأسماك :

لقد وضع مجلس البحوث القومى NRC , 1977 & 1981 اقتراحاً بالاحتياجات الفيتامينية اللازمة لنمو الأسماك على النحو التالى (وحدة دولية أو مجم / كجم علية) :

الفيتـــــامين		أسماك ماء بارد	أسماك ماء دافىء
فيتامين أ	وحدة دولية	٢٥٠٠٠	٥٥٠٠٠
فيتامين د	وحدة دولية	٢٤٠٠	١٠٠٠
فيتامين هـ	وحدة دولية	٣٠	٥٠
فيتامين ك	مجم	١٠	١٠
ثيامين	مجم	١٠	٢٠
ريبوفلافين	مجم	٢٠	٢٠
بيريدوكسين	مجم	١٠	٢٠
حمض بانتوثينيك	مجم	٤٠	٥٠
يناسين	مجم	١٥٠	١٠٠
بيوتين	مجم	١	٠,١
فولاسين (فولات)	مجم	٥	٥
فيتامين ب١٢	مجم	٠,٠٢	٠,٠٢
كولين	مجم	٣٠٠٠	٥٥٠
إينوسيتول	مجم	٤٠٠	١٠٠
حمض أسكوربيك	مجم	١٠٠	٣٠ – ١٠٠

كما وضعت شركة La Roche, 1976 السويسرية توصيات بمستويات الفيتامينات المتطلبة للأسماك ثم طورتها لعام ١٩٩٢ على النحو التالى (بالوحدة الدولية أو مجم / كجم علف جاف) طبقا لتوصيات عامى ١٩٧٦ ، ١٩٩٢ :

الفيتامين	المبـــروك وعائلته		سالمـــــون		ثعبـــــان	
	١٩٧٦*	١٩٩٢***	١٩٧٦	١٩٩٢***	١٩٧٦**	١٩٩٢***
فيتامين (أ) وحدة دولية	٨٠٠٠	١٢٠٠٠-٨٠٠٠	١٥٠٠٠	١٠٠٠٠-٦٠٠٠	١٢٠٠٠	٢٠٠٠٠-١٥٠٠٠
فيتامين د وحدة دولية	١٨٠٠	٢٠٠٠-١٥٠٠	٣٠٠٠	٢٠٠٠-١٨٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠-١٥٠٠
فيتامين هـ وحدة دولية	٤٠	٣٠٠-١٠٠	٨٠	٣٠٠-١٥٠	١٦٠	١٥٠-١٠٠
فيتامين ك٣ مجم	٣	٦-٣	٨	٦-٣	٤	٦-٣
فيتامين ب١ مجم	٦	٢٠-١٠	١٥	٢٠-١٠	٣٠	٣٥-١٥
فيتامين ب٢ مجم	٢٥	٢٠-١٥	٣٠	٣٠-٢٠	٦٠	٦٠-٥٠
حمض نيكوتينيك مجم	٧٠	١٢٠-٨٠	١٨٠	٢٠٠-١٥٠	٨٠	١٢٠-٨٠
حمض بانتوثينيك مجم	٦٠	٤٥-٤٠	٥٠	٥٥-٥٠	٦٠	٥٥-٥٠
فيتامين ب٦ مجم	٦	١٢-٨	١٥	١٥-١٠	٢٠	١٥-١٠
فيتامين ب١٢ مجم	٠,٠١	٠,٠٢-٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥-٠,٠٣	٠,١٥	٠,٢-٠,١
حمض فوليك مجم	١	٤-٣	٥	٦-٤	٥	٦-٤
بيوتين مجم	٠,٣	١,٠-٠,٥	٢,٥	١,٠-٠,٨	٠,٨	٠,٥-٠,٣
كولين مجم	٨٠٠	١٠٠٠-٦٠٠	١٨٠٠	١٠٠٠-٦٠٠	٨٠٠	١٢٠٠-٨٠٠
إينوسيتول مجم	١٥٠	٢٠٠-١٠٠	١٠٠٠	٤٠٠-٣٠٠	١٥٠	٢٠٠-١٠٠
فيتامين ج مجم	١٥٠	٥٠٠-٣٠٠	٥٠٠	٨٠٠-٦٠٠	٣٠٠	٨٠٠-٦٠٠

* تزاد المقررات بمعدل ٥٠ ٪ فى حالة الزريعة وأسماك الآباء قبل وبعد التناسل .

** للصغار أقل من ٤ جم تزاد المقررات هذه (فيما عدا الفيتامينى أ ، د) ٣ أضعاف وللأصبعيات (٤ - ١٠ جم) تزاد مرتين فقط .

*** تزاد هذه المقررات بمعدل ٣٠ ٪ لزريعة المبروك والسالمون ، كما تزاد كل المقررات فى حالة الظروف غير المواتية ، كما تزاد مستويات الفيتامينات الحساسة التى تتلف عند التصنيع للعلف ، وهذه القيم (لعام ١٩٩٢) عالية عبارة عن فيتامينات نشطة ، ولتحويلها إلى أملاح الفيتامينات تستخدم معاملات التحويل التالية :

الفيتامين النشط	الكمية المكافئة من ملح الفيتامين
١ جم فيتامين (هـ)	١ جم الفا – توكوفيرول خلات
١ جم فيتامين (ك ٣)	٣,٠٣ جم ميناديون صوديوم بيكبريتيت معقد
	٢,٢ جم ميناديون دى ميثيل بيريميد ينول بيكبريتيت
	٢ جم ميناديون صوديوم بيكبريتيت
١ جم فيتامين (ب١)	١,٠٨٨ جم ثيامين أحادى نيترات
	١,١٢١ جم ثيامين هيدروكلوريد
١ جم فيتامين (ب٦)	١,٢١٥ جم بيريدوكسين هيدروكلوريد
١ جم حمض بانتوثينيك (د)	١,٠٨٧ جم كالسيوم (د ل) بانتوثينات
١ جم بيوتين	١ جم (د) بيوتين
١ جم كولين	١,١٥ جم كولين كلوريد

وموجود بالأسواق المحلية حاليا مخاليط فيتامينية ومعدنية تستخدم كإضافات لأعلاف الأسماك المختلفة بمعدلات حسب نوع السمك وعمره طبقا لتوصيات الشركات المنتجة للمخاليط .

مصادر الغذاء Feed Resources :

تتغذى الأسماك البرية فى بيئاتها الطبيعية على الأغذية الطبيعية المحيطة بها فى مواطن معيشتها أو هجرتها ، بينما بالاستزراع السمكى قد لاتكفى المصادر الطبيعية للغذاء للحصول على الإنتاج المنشود من الاستزراع ، لذا قد تضاف بعض الإضافات التكميلية للتغذية الطبيعية أو قد يعتمد كلية على المصادر الخارجية أى التغذية الصناعية .

وتنقسم الأجسام المائية من حيث حالتها الغذائية إلى :

١ – فقيرة التغذية Oligotrophic ، أى فقيرة فى المغذيات المعدنية الأساسية كالكالسيوم والفوسفور والنيتروجين ، وعليه فإنتاج المادة العضوية فقير كذلك ، والماء رائق وأزرق لو كان عميقا ، ويزداد محتوى الماء من الأكسجين الذائب فى عمقه .

٢ – غنية التغذية Eutrophic ، أى غنية بالعناصر الغذائية والتى تحدد الإنتاج الغزير من المادة العضوية . والماء عموما يكون قلويا ويشجع نمو العوالق بشده (لدرجة تحجب اختراق ضوء الشمس للماء وينعدم البناء الضوئى) والتى تعطى اللون الأخضر أو الأخضر البنى ، وينخفض تركيز الأوسكجين الذائب فى عمق الماء لكثرة النباتات الميتة لعدم وصول الشمس وأستهلاك

مادتها العضوية للأوكسجين ويتراكم كبريتيد الهيدروجين .

٣ - سيئة التغذية Dystrophic ، ماؤها غنى بالماده الدوبالية Humic Matter التى تنتشر فى شكل غروى هلامى ، والماء حمضى ، ولونه أصفر إلى بنى ، والوسط غير جيد الإنتاجية ، والنموات النباتية المائية بسيطة .

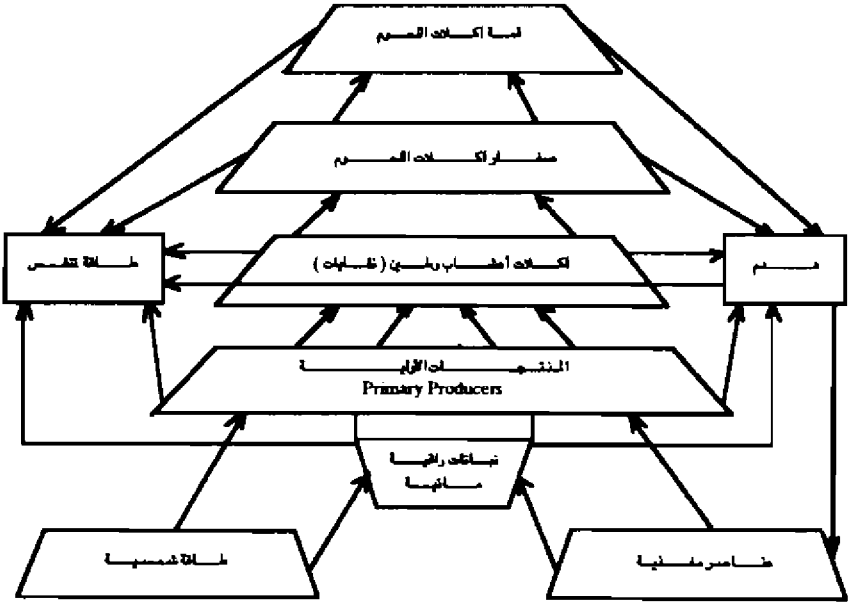
وطبقا لمصدر المواد الغذائية تنقسم الأجسام المائية إلى :

١ - أجسام تغذيتها ذاتية Autotrophic أو طبيعية من الجسم ذاته .

٢ - أجسام تغذيتها خارجية Heterotrophic ، أى يأتيها الغذاء من خارج الحوض باستخدام التغذية الصناعية أو الإضافات المختلفة .

أولا : المصادر الطبيعية Natural Resources :

تشكل المصادر الطبيعية لغذاء الأسماك مايحيط بها ويتعايش معها فى بيئتها من نباتات وطحالب وهوائم مختلفة ولافقاريات عديدة وكذا الأسماك ذاتها ، إذ تتغذى الأسماك الكبيرة عموما على الأسماك الصغيرة ، وهذه الأخيرة تتغذى على كائنات أصغر حجما من أصل حيوانى كالهوائم الحيوانية Zooplankton لايزيد طولها عن بضعة ملليمترات والتى تتغذى بدورها على كائنات أدق حجما تنتمى إلى أصل نباتى هى الهوائم النباتية Phytoplankton ، أى أن هناك سلسلة غذائية متصلة الحلقات يوضحها التصور التالى :

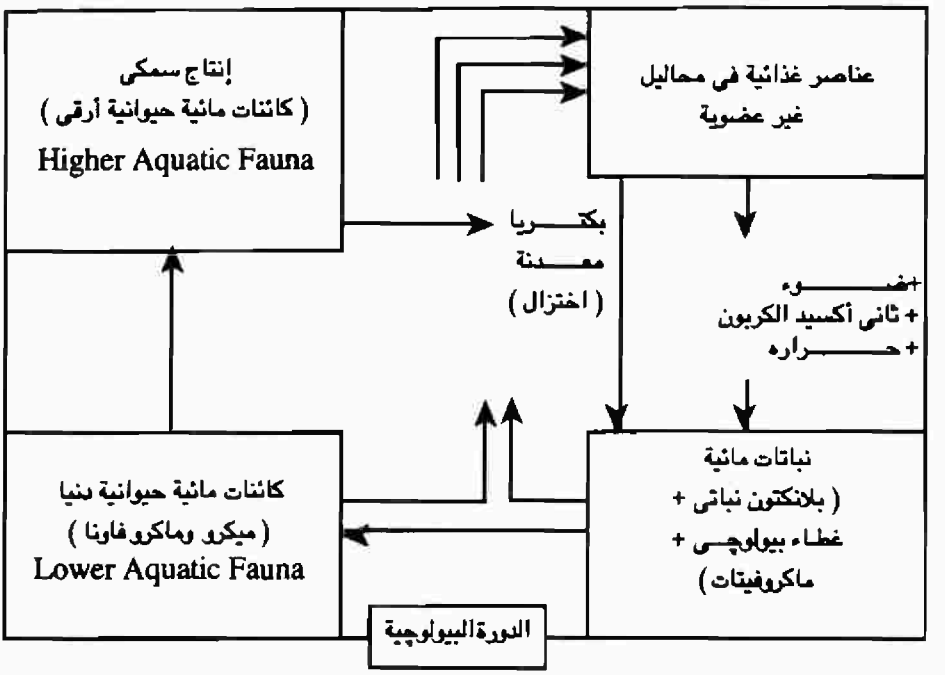


تخطيط يصور السلسلة الغذائية فى البيئة المائية

فالدورة البيولوجية العامة فى الماء تشمل المغذيات المعدنية والإنتاج النباتى والإنتاج الوسطى الحيوانى والإنتاج النهائى من الأسماك ، وكلها تتحلل بكتيريا إلى معادن لتستمر الدورة . فنتيجتها النهائية هى السمك واصل الدورة هو المغذيات المعدنية فى مخاليطها فى الماء ومصدرها المواد الذائبة فى الأرضية الملامسة للماء أو من المواد المحمولة إلى الماء بواسطة ماء المطر والنفايات . وبواسطة ضوء وحرارة الشمس تتمكن الكائنات النباتية من تحويل هذه المواد غير العضوية حمض الكربونيك فى الماء إلى مادة عضوية فى شكل أنسجة خضراء (نباتات راقية ودنيا كالطحالب الهائمة والغطاء البيولوجى) . والغطاء البيولوجى أو مايسمى Periphyton يتكون من كائنات حية ميكرسكوبية (مجهرية) Plankton نباتية وحيوانية تعيش على الأحجار والنباتات الراقية والطين . والعوالق Plankton تعيش كمعلقات فى جسم الماء دون مقدرة على مقاومة التيارات . والدورة البيولوجية تشتمل على **المنتجات** Producers وهى نباتية دنيا ، وطحالب هائمة ، وغطاء بيولوجى ، ونباتات أرقى . كما تشتمل على **المستهلكات** Consumers من كائنات مائية غذائية تتغذى على النباتات والمخلفات وكذلك الأسماك . وتضم الدورة البيولوجية كذلك **المختزلات** Reducers أى البكتريا . ويقدر الغذاء الطبيعى بتقدير الكتلة البيولوجية ، أى كتلة الكائنات الحية فى وحدة المساحات أو حجم الماء ، ويعبر عنها كمادة طازجة أو جافة أو كربون أو نيتروجين والأفضل فى صورة طاقة ، والأدق بطريقة غير مباشرة عن طريق حساب كمية المحصول السمكى المتحصل عليه من الغذاء الطبيعى المستهلك .

فبجانب النباتات المائية توجد الطحالب التى تزدهر فى المياه الضحلة أو السطحية غالبا (حتى ٤٥ متر غالبا ونادرا تحت عمق ٩٠ مترا) والتى يكون معظمها مثبتة على الأجسام المغمورة فى الماء (كالطحالب الزرقاء المخضرة (Blue - green - algae المثبتة للأزوت والتى قد يطلق عليها لبلاب Lab-lab) والخضراء والذهبية والبنية والحمراء) أو أن تكون هائمة Fouling Algae (معظمها طحالب ذهبية yellow Algae أى دياتومات Diatoms وقليل من الطحالب الخضراء) يدفعها التيار حيث يشاء .

هذه الطحالب الهائمة والاشنات Lichen والفطريات Fungi تشكل معا الهوائم النباتية التى تكون الغذاء الرئيسى لكثير من الأسماك ولذا تسمى بالمنتجات الأساسية (الأولية) Primary Producers ، فتتغذى عليها الهوائم الحيوانية ، التى تتغذى عليهما اللافقاريات القاعية Invertebrates (Benthos) ، فتتغذى على بعض أو كل هذا أنواع مختلفة من الأسماك غير المفترسة ، ثم تتغذى على الأخيرة الأسماك المفترسة ، وأخيرا يتغذى الإنسان على كل ماسبق ، فهذه السلسلة تشكل هرما غذائيا قاعدته تشكل الهوائم النباتية (١٠٠٠ كجم مثلا) يليها الهوائم الحيوانية واللافقاريات القاعية (١٠٠ كجم ناتجة من ١٠٠٠ كجم هوائم نباتية) يعلوها الأسماك غير المفترسة (١٠ كجم ناتجة من ١٠٠ كجم هوائم حيوانية وحيوانات لافقارية قاعية) ثم الأسماك المفترسة (١ كجم ناتجة من ١٠ كجم أسماك غير مفترسة) وعلى قمة الهرم الغذائى يستقر الإنسان .



الهوائم النباتية :

أو البلانكتون النباتى (الطحالب) أو الإنتاج الأولى (الأساسى) عبارة عن نباتات وحيدة (أو عديده) الخلية ميكرسكوبية (لاترى بالعين المجردة) تطفو بحرية وتنمو بسرعة وتتطلب نفس العناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات ، فهى حجر الأساس فى سلسلة الحياة المائية لقدرتها على بناء المواد العضوية (التى تكون غذاء الحيوانات الأخرى كالأسماك) بالتمثيل الضوئى . وعندما يزدهر نموها تتواجد فى تيارات (ازهارات) Blooms فى مواسم معينة تعطى للماء لونا ورائحة يميزانها ، علاوة على أن لبعضها ضوما فوسفوريا .

وتتباين درجات الحرارة المثلى لنمو الطحالب ، فالدياتومات تتطلب ١٨ - ٣٠ ° م ، والطحالب الخضراء ٣٠ - ٣٥ ° م ، الطحالب الزرقاء المخضرة ٣٥ - ٤٠ ° م ، وذلك حسب أنواع كل منها . ويؤثر على نمو الطحالب أساسا درجة الحرارة و PH وسرعة سريان الماء وشدة الضوء ووفرة المواد الغذائية . وتفضل الطحالب البيئة المتعادلة وبعضها يفضل PH ١٠ . ومنها مايعيش فى الماء العذب ومنها مايعيش فى الماء المالح وهى حوالى ٢٢ ألف نوع ، وتنقسم حسب نوع صبغاتها وتراكيبها إلى :

١ - طحالب خضراء مزرقة (blue - green algae) Cyanophyta وحيدة الخلية توجد فى مستعمرات فى المياه العذبة والمالحة .

٢ - طحالب خضراء (green algae) Chlorophyta أكثر رقيا وأكبر وأكثر انتشارا فى المياه العذبة والمالحة الضحلة ، عددها ٧٠٠٠ نوع .

٣ - طحالب بنية (brown algae) Phaeophyta كبيرة الحجم ، معقدة التركيب ، توجد أساسا فى الماء المالح ونادرا فى الماء العذب ، يصل طول بعضها إلى ٦٠ مترا .

٤ - طحالب حمراء (red algae) Rhodophyta أساسا فى الماء المالح الدافىء ، خيطية أو شريطية متفرعة ، عددها ٤٠٠٠ نوع .

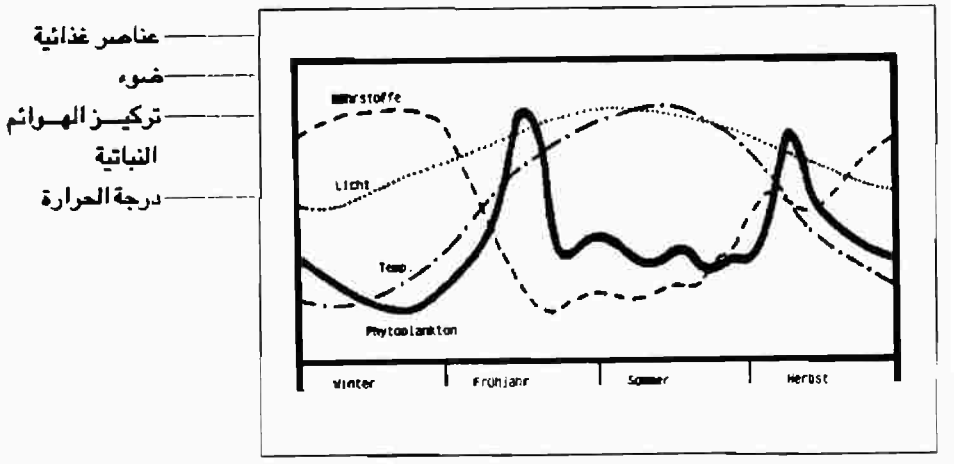
٥ - طحالب ذهبية (golden algae) Chrysophyta طافية فى الماء العذب والمالح ، معظمها أحادى الخلية (دياتومات) ، عددها ٦ - ١٠ آلاف نوع . وهناك مجاميع أخرى أقل إنتشارا ، ومنها مايسود وينتشر فى المياه الملوثة ومنها السام والطافى والملتصق والمغمور ومنها أعشاب بحرية .

فهى نباتات حقيقية لاحتوائها الكلورفيل . وتنتشر الطحالب الذهبية (كل خلية تحميها غلافة سليكونية) فى مياه المناطق المعتدلة والباردة ، بينما الطحالب القديرة Dinophyceae (ومنها جنس Peridinum) تنتشر فى المياه الدافئة وتسلك كالحيوانات (لقدرتها على ابتلاع جزئيات غذاء) إضافة لتصرفها كالنباتات (بنائها الضوئى) . الكائنات المجهرية الطافية النباتية نسبة كبيرة منها عبارة عن الطحالب المجهرية الطافية ، وأيضا ينتمى إلى الفيتويلانكتون (أو الهوائم النباتية) كذلك البكتريا (التى تلعب دورا هاما فى تحليل المواد العضوية إلى أملاح غذائية غير عضوية تستفيد بها الكائنات النباتية) والديدان الصغيرة والعثة والفيروسات. حيث تبدأ سلسلة الغذاء بتأثير ضوء الشمس والأملاح المعدنية فتستفيد بهم الهوائم النباتية لتحولها إلى مادة عضوية بنمو وتكاثر هذه الهوائم التى تعتبر غذاء مباشرا لأسماك معينة وللهوائم الحيوانية التى تعتبر هى الأخرى غذاء مباشرا لأسماك أخرى ولصغار الأسماك عموما ، كما أن صغار الأسماك وديدان الأرض والقواقع والمحاريات والنباتات المائية والطحالب والحشرات واليرقات وبقايا ذلك كله كلها تشكل مصادر الغذاء الطبيعى الرئيسية للأسماك كل حسب طبيعته الغذائية . والأسماك النافقة وإفرازتها المختلفة والمواد العضوية الأخرى الناتجة من موت الكائنات الحية المختلفة ، كلها تتحلل بكتيريا منتجة الأملاح المعدنية (بعملية معدنة Mineralization) التى تحتوى الفوسفور والنيتروجين والبوتاسيوم وغيرها ، لتستمر سلسلة الغذاء الطبيعى المحدد لنمو الأسماك .

الهوائم الحيوانية :

مجموعة حيوانات وبيضها ليس لها القدرة على الحركة الإيجابية بل تحركها التيارات المائية ، وتشمل بعض اللافقاريات Invertebrates والفقاريات (كبيض الأسماك وأطوارها الأولية) . وتنقسم إلى هائمات دائمة (على مدار العام ، مثل مجدافية الأقدام Copepoda ، وهى حلقة وصل بين الهوائم النباتية والأسماك فى الهرم الغذائى) وأخرى مؤقتة (فى موسم من السنة أو طور من النمو كبيض وصغار

اللافقاريات والأسماك) . وإذا كان ازدهار الهوائم النباتية يتوقف على درجة الحرارة والضوء ووفرة العناصر الغذائية (نترات ، فوسفات ، سليكات) فازدهار نمو الهوائم الحيوانية يتوقف على وفرة الهوائم



توزيع الهوائم النباتية فى البحر على مدار فصول السنة

النباتية (غذاء الهوائم الحيوانية) وبشكل غير مباشر كذلك على عوامل وفرة هذه الهوائم النباتية (ضوء ، حرارة ، مغذيات غير عضوية) فتوزيع وانتشار أنواع البلانكتون يتأثر بأنواع الأسماك وبالبيئة بعواملها المختلفة سواء المتعلقة بخصائص المياه أو بالظواهر الأرضية أو الجوية أو المواسم علاوة على التلوث وحركته ، بجانب تأثير الانتخاب والتنويع الوراثى والسلوك والهجرة والحركة ، وأيضا تتوقف على التاريخ الچيولوچى للمحيطات والحواجز القارية ، ومحدودية دورة المياه للأنواع والعشائر وتأثرها بالعوامل الحيوية والبيئية المختلفة Abiotic and Biotic Factors . فقد يؤدى غياب الأسماك آكلة الهوائم كسمك الشمس Planktivorous sunfish إلى استبقاء أنواع من الهوائم الحيوانية كبيرة الحجم وزيادة كثافتها فيزيد استهلاكها للهوائم النباتية مما يؤثر على عشيرة الطحالب ، والعكس ففى وجود هذه الأسماك تزداد كثافة الهوائم النباتية (لافتراس الأسماك للهوائم الحيوانية) فللأسماك تأثيرات ديموجرافية Demographic effects على عمر وحجم عشائر الهوائم كما تتغذى بعض أنواع الهوائم الحيوانية (الزويلانكتون) على هوائم حيوانية أخرى . فالهوائم الحيوانية بعضها كائنات حيوانية يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، وأهم هذه الكائنات هى براغيث الماء (الدافنيا Daphnia) وسيكولويس التى تتراوح أطوالها مابين ٠,٥ – ٣,٠ مم ، ولصغر أحجامها وبطء حركتها فهى غذاء رئيسى ليرقات الأسماك . والهوائم الحيوانية تبدأ من الحيوانات وحيدة الخلية (كالبروتوزوا) وتنتهى بالحشرات . وينتمى إليها الكوبيبودا Copepoda والروتيفيرا Rotifera والكلادوسيرا Cladocera أى تضم الجوفمعويات والحبلرخويات الأولية ويرقات الديكابودا .

حيوانات القاع Benthos :

عبارة عن غذاء الأسماك قاعية التغذية أى التى تتغذى على كائنات حية من أصل حيوانى تسكن القاع وهى فى المرتبة الرابعة من الهرم الغذائى (بعد الأسماك التي تتغذى على الفيتوبلانكتون والتى تتغذى على الحشائش المائية ثم التى تتغذى على الزوبلانكتون كالمبروك الفضى ومبروك الحشائش والمبروك كبيرالرأس ثم المبروك العادى كآكل حيوانات قاع على الترتيب) . وتختلف أحياء القاع عن الهوائم غير ذاتية الحركة وعن الحيوانات الكبيرة النشطة المتحركة كالأسماك والفقاريات الأخرى المسماة Nekton . وأحياء القاع معظمها لافقاريات وهى قد تنتمى إلى :

أ - حيوانات داخلية Infauna أى تعيش فى قاع رخو مثل الديدان والنواعم .

ب - حيوانات فوقية Epifauna أى تعيش على سطح القاع الصلب فى مجاميع متميزة مثل البرونقات Branacles .

أو قد تقسم من حيث أحجامها إلى :

أ - أحياء قاع كبيرة لاتمر من منخل فتحاته بسعة ١مم سواء حيوانية أو نباتية .

ب - أحياء قاع متوسطة لاتمر من فتحة منخل ١,٠ مم بينما تمر من فتحة بسعة ١مم وتشمل الكوبيبودا أو الديدان الخيطية والديدان المسطحة والأطوار غير البالغة من النواعم والديدان .

جـ - أحياء قاع صغيرة تمر من فتحة منخل ١,٠ مم وتشمل السوطيات والاميبا والبكتيريا .

وتنضم جميع أحياء القاع فى أحد أطوار حياتها الأولى إلى عالم الهوائم الحيوانية (المؤقتة)، وتشكل أفرادها البالغة غذاء للأسماك التى تعيش قرب القاع .

وتتكون الكائنات الحيوانية الغذائية Nutritive Fauna من الهوائم الحيوانية وحيوانات القاع وحيوانات الغطاء البيولوجى .

ومصبات الأنهار عند التقائها بالبحار تعتبر من أخصب النظم البيئية إنتاجا لأنها مصيدة غذائية نتيجة تدفق المغذيات من الأنهار بجانب كميات من الفتات العضوى (الدوبال) Organic Detritus الذى تحلله البكتريا والفطريات إلى كميات كبيرة من المواد العضوية وغير العضوية تمتصها الكائنات المائية . ونتيجة بناء السدود وانخفاض معدل سريان مياه الأنهار تتراكم الأملاح الغذائية فى خزانات المياه وتنقص بشدة فى تركيزها عند المصبات فتنخفض تركيز الهوائم (نباتية وحيوانية) بشدة فى الأنهار التى عليها سدود .

العلاقات الغذائية :

قد لاتكون بسيطة ، فقد تتغذى الأسماك فى أطوار نموها المختلفة على أغذية مختلفة ، إذ تبدأ معظم الأسماك حياتها كاكلات هوائم حيوانية ثم تتحول إلى تغذية محددة فيما بعد ، سواء على الطحالب (بلطى موزمبيقى ، بلطى نيلى ، بلطى جاليلى ، بلطى ماكروشير ، القرموط القشرى ، المبروك الفضى) أو الأعشاب (مبروك حشائش ، بلطى ميلانو بلورا) أو فتات المادة العضوية فى تراكمات القاع أو الأحياء الدقيقة على القاع بتصفية الطين (مثل أسماك البورى الرمادى ومبروك الطين) أو كائنات القاع والأسماك والحيوانات البحرية الأخرى ، وقد تكون متنوعة التغذية . وقد تتعايش الأسماك معا تكافليا أو تطفليا أوافتراسا .

فسلسلة الغذاء أو انتقال الطاقة من مكوناتها إلى مستهلكاتها تأخذ أشكالا ثلاثة هى :

١ - سلسلة أكلات اللحوم Carnivores حيث تنتقل الطاقة من الكائنات الأقل إلى الكائنات الأكبر .

٢ - سلسلة الطفيليات Parasites حيث تنتقل الطاقة من الكائنات الأكبر إلى الكائنات الأصغر .

٣ - سلسلة الرميات Saprophytes حيث تنتقل الطاقة من المادة العضوية غير الحية إلى الكائنات الدقيقة فى معظم الحالات .

ويمر الغذاء بهذه السلاسل قبل أن يهدم إلى مغذيات غير عضوية .

التسميـــد :

لما كانت التغذية الطبيعية لايمكن الاعتماد عليها لإنتاج الأسماك بكفاية ، إذ أنها وسيلة غير فعالة لتنمية الثروة السمكية ، لذا يتم تسميد الأجسام المائية بإضافة المخصبات المختلفة التى تضيف إلى تربة وماء الأجسام المائية العناصر الضرورية لنمو الغذاء الطبيعى (الفيتوبلانكتون) .

والأسمدة Fertilizers أو المخصبات تصنف كالتالى :

١ - **مخصبات غير عضوية Inorganic Fertilizers :**

أ - نيتروجينية كاليوريا ونترات الأمونيوم وكبريتات الأمونيوم والأمونيا السائلة .

ب - فوسفاتية كالسوبر فوسفات العادية (الجيرية) أو المركزة وفوسفات أمونيوم ثنائية .

جـ - بوتاسية .

د - كلسية كالجير الحى أو المحروق أو أكسيد الكالسيوم والجير المطفى أو الزراعى وهيدروكسيد الكالسيوم والجبس الزراعى أو كبريتات الكالسيوم والحجر الجيرى أو كربونات الكالسيوم إضافة إلى نترات وكلوريد الكالسيوم .

٢ - مخصبات عضوية Organic Fertilizers :

أ - سماد بلدى (حيوانى) من أرواث وأبوال الحيوانات وفرشة الحظائر ومحتويات كرش المجترات (سوائل ومساحيق جافة) .

ب - مجارى وصرف صحى وحضرى Sewage .

جـ - أسمدة خضراء ومخلفات حقول وتصنيع زراعى وأسواق .

د - أسمدة عضوية أخرى كمخلفات المجازر والمدابغ والاكساب .

ويعتبر التسميد عملية فعالة ورخيصة لزيادة إنتاج السمك عن طريق تنشيط الدورة البيولوجية وتهيىء ظروف صحية فى الماء أفضل من التغذية الصناعية ومايصاحبها من أمراض . ويقوم القاع بامتصاص الأسمدة وتحليلها وإذابتها فى الماء لتصير صالحة لامتصاصها فى الخلايا النباتية عديمة الجذور (الهوائم النباتية) .

والأسمدة الجيرية (الكلسية) ترفع pH الماء وتساعد على تحلل الفضلات العضوية ، وتضمن عدم توقف نمو الحياة النباتية ، إذ تتحد هذه الأسمدة (كالجير الحى Ca O وكربونات الكالسيوم Ca CO_3) مع CO_2 مكونة بيكربونات كالسيوم فبزيادة كثافة النباتات تستنفذ CO_2 من الماء فى التمثيل الضوئى فيعمل وجود بيكربونات الكالسيوم المذابة فى الماء على مواجهة الموقف بإطلاق CO_2 متحولا ثانية إلى كربونات كالسيوم تترسب .

والأسمدة الفوسفاتية هامة لتربية الأسماك وفى تكوين وأنقسام الخلايا النباتية ، والفوسفور بالتربة يوجد بكميات أقل من كمية النيتروجين أو البوتاسيوم . فالفوسفور أهم العناصر الغذائية Nutrient Elements لعالم البيئة وذلك لندرته ولشدة احتياج النباتات إليه بنسبة أكبر من أى عنصر آخر . والفوسفور ناتج من صخور معينة ، ويخزن فى التربة وينتقل مع الماء الأرضى والأنهار كأيون تستخدمه النباتات لتكوين البروتينات والدهون . أى يدخل الفوسفور فى دورة من النبات إلى الحيوان فالبكتريا ، إذ يدخل فى بناء المركبات العضوية ثم تتحلل هذه ثانية إلى شكل غير عضوى ، وعلى عكس النيتروجين فإن جزءا كبيرا من الفوسفور يمتص بسرعة على سطح الطين . وتستخدم الأسمدة الفوسفاتية للأحواض ذات القيعان التى لها قابلية تحليلية جيدة فيشاهد تأثير السماد من خلال تغير لون الماء إلى الأخضر للنموات الخضرية . ويستخدم السوبر فوسفات فى التربة الثقيلة وعندما يكون الماء غنيا بالجير بمعدل ١٠٠ - ٢٠٠ كجم / هكتار (٤٢ - ٨٤ كجم / فدان) على دفعات .

أما الأسمدة البوتاسية كغيرها من العناصر المعدنية التى تتطلبها الهوائم النباتية لتثبيت النيتروجين وبناء البروتين ومن بينها كذلك المنجنيز والكوبلت والموليبدنوم والسليكون والفاناديوم وغيرها مما تحتويه التربة بوفرة وقد تضاف مع الأسمدة الأخرى . ورغم أهمية البوتاسيوم لعملية النمو الخضرى

وانقسام الخلايا النباتية ، إلا أنه كثير الانتشار فى التربة عن الفوسفور والنيتروجين ، لذا يضاف البوتاسيوم غالبا فى حالة نقصه من الماء أو التربة أو فى حالة قلة القلوية وفى الأحواض ذات الأراضى السبخة أو التى قاعها صلبة . وقد تمزج الأسمدة البوتاسية مع الفوسفاتية .

والأسمدة النيتروجينية متطلبة رغم وجود النيتروجين فى الماء لذوبان غاز النيتروجين من الهواء الجوى فى الماء وكذلك من تحلل المركبات العضوية فى الماء ، إلا أنها تثبت فى جسم السمك كبروتين وتطلب استمرار وجود مصادره فى الماء . والنيتروجين تبثه بعض البكتريا والنباتات فى شكل أمونيا ونيتريت أو نيترات تستخدمها النباتات وترتبط بأجسامها كأحماض أمينية وبروتينات ، فتأكل الأسماك العشبية التغذية هذه النباتات ، كما تتغذى الأسماك اللاحمة (حيوانية التغذية) على الأسماك العشبية ، فيمثل النيتروجين ويخرج منه جزء ، وتتحلل الأجسام الميتة فيخرج النيتروجين منها ثانية كأمونيا ونيتريت ونيترات وتستمر دورة النيتروجين كما فى الفوسفور وغيره من العناصر . إذ تمتصه الفيتوبلانكتون كنترات أو أمونيوم ويدخل النيتروجين فى بناء الكلوروفيل النباتى أى أن النيتروجين يشجع النمو الخضرى . وقد يضاف الفوسفور مع النيتروجين بنسبة ١ : ٤ وفى حالة قلوية القاع تكون النسبة ١ : ٨ . وتضاف الأسمدة الأزوتية للأحواض الحديثة قليلة الطين بينما القاع الطينى الغنى بالفريان فإنه ينتج النيتروجين طبيعيا ولايحتاج للتسميد وعادة ينصح باستخدام ٢٥ كجم سوبر فوسفات مع ٢٥ كجم كبريتات أمونيوم لكل فدان بمعدل مرة كل أسبوعين خلال موسم النمو ، وفى الأجواء الحارة يستخدم ٤٢ كجم سماد (يحتوى ٨٪ من كل من الفوسفور والبوتاسيوم والنيتروجين) لكل فدان مرة كل ٧ – ١٠ أيام مع وقف هذا التسميد عندما يصبح الماء مخضرا أو بنيا ، ويعاد التسميد عندما تصفو المياه .

أما التسميد العضوى باستخدام الأسمدة العضوية Organic Manure فيزيد الإنتاجية خاصة لو كانت الأسمدة سائلة ، وتشتمل على الأسمدة الحيوانية من أرواث الماشية والخيول الخنازير والطيور ، وكذلك الأسمدة النباتية ومخلفات المجارى (الصرف الصحى) ومخلفات المحاصيل والحقول والسلخانات ومصانع الأغذية المختلفة . وتعيد الأسمدة العضوية العناصر الغذائية إلى الدورة البيولوجية ثانية ، كما تنتج الأسمدة العضوية عند تحللها CO_2 الذى يساعد على نمو الهوائم النباتية ، وقد تستخدم المادة العضوية كغذاء مباشر لبعض الأسماك علاوة على نمو البكتيريا والبروتوزوا عليها ، وقد تحتوى الأسمدة العضوية على منشطات نمو كالهرمونات والفيتامينات . وتحسن من تركيب القاع ، وتشجع على نمو البكتريا مما يحسن من إنتاج الهوائم الحيوانية أسرع من فعل الأسمدة المعدنية . ويحذر من سوء استخدام الأسمدة العضوية لخطرها على أوكسجين الماء خاصة فى الصباح الباكر وفى المياه الدافئة ، وقد تكون بيئة مناسبة لنمو بعض الأمراض كعفن الخياشيم Gill Rot . لذا توزع الأسمدة العضوية على دفعات بسيطة ١ – ٣ مرات فى الأسبوع وعلى أماكن متعددة أو ترش بانتظام على سطح الماء . ويستخدم السماد العضوى السائل بمعدل متر مكعب واحد / هكتار (أى لكل ٢,٤ فدان أو ٠,٤٢ متر مكعب / فدان) ١ – ٢ مرة كل أسبوع . كما يستخدم زرق الطيور ومخلفات المجازر . وأرواث الحيوانات المختلطة بأوراق الأشجار المتحللة

تستخدم كذلك .

فقد وجد أن كل ١٠ طن روث جاف تتحول إلى ٤ طن وزن حى فى السمك ، وأن كل ١٠٠ كجم روث طازج (من البط) تنتج ٤ - ٦ كجم سمك ، وقد يستخدم روث البقر Cowdung بمعدل ٥ طن / فدان من أحواض الحضانة ٦ مرات لسرعة إنتاج الهوائم الحيوانية التى تستفيد مباشرة من المادة العضوية الذائبة فتحتفظ المياه بأسراب من الكلادوسيرا Cladocera .

وقد تستخدم مياه الصرف الصحى (المجارى) بعد تخليصها من السموم وتهويتها وخلطها مع ماء الأحواض السمكية بعد تخفيفها بنسبة ١ : ٣ قبل بلوغها الأحواض . وقد تربى الأوز والبط على أحواض السمك كإنتاج ثانوى ولتسميد الأحواض بمعدل ١٠٠ - ٢٠٠ أوزة أو بطة / فدان ، فتزيد الأوزة الواحدة من إنتاج السمك بمقدار نصف كيلو . وقد تحش النباتات المائية وتجمع لعمل سماد عضوى لنفس الأحواض السمكية . وقد تزرع قاع الأحواض بالنباتات البقولية أو النجيلية ثم تحرث أو تقلب فى تربتها وتغمر بالماء للتحلل . وقد يعمل على تحلل العروش والأتبان وأوراق الأشجار والحيوانات النافقة وقمامة المدن لتحويلها بالتخمر إلى سماد عضوى . كما قد يسمح للحيوانات بالرعى فى أرضية الحوض فتضيف إليه سمادها البلدى ، أو أن تقام حظائر الحيوانات مجاورة لأحواض الأسماك لتتساقط مخلفاتها السائلة والصلبة مباشرة على الحوض (سواء أرواث أو فضلات طعام) .

إلا أن ماء المخلفات ينقصه الأوكسجين الذائب ، علاوة على احتواء الفضلات (الأرواث) على مواد سامة ومسببات أمراض بجانب أكساب الأسماك طعما ورائحة غير مقبولتين ، وهذا يؤدى إلى مشاكل فى الصحة العامة ومدى قبول ورواج هذه الأسماك ، إذ تتركز المشكلة أساسا فى إذا ما كان ماء المجارى المستخدم سابق المعالجة أو مخففا أو لم يعالج بالمرة . وقد يؤدى التلوث بالصرف الزراعى والصناعى والحضرى إلى تدهور الأجسام المائية لغناها غذائيا Eutrophicated or Nutrient Enriched مما يعيق وصول الشمس ووقف البناء الضوئى واستنفاذ الأوكسجين الذائب وتراكم كبريتيد الهيدروجين للحدود السامة . وتؤدى المعالجة الثانوية للصرف الصحى إلى إزالة حوالى ٨٠ ٪ من فوسفور المخلفات والتى تحتوى كذلك على المنظفات الغنية بالفوسفور (وإن استخدم الآن فى المنظفات حمض نيتريلو ترای أسيتيك NTA محل الفوسفات والذى يتحلل بيولوجيا إلى جليسين وحمض جليكوليك ثم أمونيا) .

الشروط الواجب مراعاتها عند التسميد لتمام الاستفادة من الأسمدة تتلخص فى :

١ - تعادل الماء والتربة أو ميلها للقلوية الخفيفة ؛ لأن الحموضة للتربة تقلل امتصاص الأسمدة لذا تعامل التربة بالجير الحى قبل التسميد .

٢ - أن يحتوى القاع على الغريان بدون غزارة ، وألا يحتوى على الغاب والحشائش السليلوزية التى تؤدى إلى عدم جودة التحلل وضآلة إنتاجية الحوض .

٣ - استمرار حش النباتات المائية لمنافستها الأسماك على الأسمدة .

٤ - تستخدم الأسمدة والأحواض جافة فتوزع على القاع ، أو عند ملء الحوض فترش بزوارق بانتظام على أجزاء الحوض .

٥ - ترش الأسمدة أكثر من مرة عندما يكون القاع رمليا أو قليل الطين .

٦ - لاتخلط الأسمدة الغنية بالكالسيوم مع سلفات الأمونيوم ، وتترك فترة أسبوعين بين رش السوبر فوسفات ورش الجير الحي ؛ لأن الأخير يبطيء إذابة الفوسفات .

٧ - تتوقف كمية الأسمدة وأنواعها المستخدمة على تركيب وخواص تربة الجسم المائي ، إذ تضاف الأسمدة لتعويض العناصر الضرورية المحددة والتي تختلف من منطقة لأخرى . فزيادة الأسمدة الفوسفاتية تعمل على تكوين رواسب من فوسفات الحديد والألمونيوم . فزيادة تركيزات العناصر الغذائية غير مرغوب ، ففي فضلات الصرف الآدمي والزراعي بالفوسفات والنيترات تؤدى إلى تيارات Bloom من العوالق النباتية غير المرغوبة . ولذلك يستخدم الكشف عن الفوسفات كدليل على التلوث العضوى (لأنها أدق وأسرع وأسهل في تقديرها عن المغذيات الأخرى ، ولكونها أكثر مقاومة عن غيرها للتحلل العضوى فلا تختفي بسرعة اختفاء المركبات الأزوتية مثلا) . وبجانب الآثار الصحية والاقتصادية من جراء استخدام الأرواث والأبوال في تسميد أحواض السمك وتغذية الأسماك ، فهناك جانب ديني أو شرعي فرغم عدم نجاسة أبوال وأزبال مايؤكل لحمها ، فإن الرسول الكريم صلوات الله وتسليماته عليه وعلى آله قد نهى عن أكل لحوم الجَلاَّلة أى التى تأكل العذرة حتى يتغير ريحها ، فإن حبست بعيدا عن العذرة زمنا فطاب لحمها ذهب اسم الجَلاَّلة عنها وحلّت (والجَلاَّلة بفتح الجيم لفظ يطلق على كل حيوان يأكل العذرة أىْ أىّ دابة أو داجنة تأكل الروث) فعن ابن عباس قال : " نهى رسول الله صلى الله عليه وآله وسلم عن شرب لبن الجَلاَّلة " رواه أبو داود وأحمد وابن حبان والحاكم والبيهقي وصححه ابن دقيق العيد ، وعن عمر قال : " نهى رسول الله صلى الله عليه وسلم عن أكل الجَلاَّلة وألبانها " رواه الخمسة إلا النسائي ، بل أيضا نهى رسول الله صلى الله عليه وسلم أن يركب على الإبل الجَلاَّلة في حديث عن ابن عمر رواه أبو داود بإسناد صحيح . وعلى ذلك فذهب رأى العلماء إلى خلاصة أنه إذا تغيرت رائحة الحيوان أو طعم لحمه ولون أو طعم مرقته فيحرم أكله وركوبه وشرب لبنه للضرر الحادث بعد أكله . لذا وجب التأكد والتحرز حتى لانقع فيما حرّم الله وحتى لانهدر صحتنا ، فقد قال المولى عز وجل : ﴿ ظهرالفساد في البر والبحر بما كسبت أيدى الناس ليذيقهم بعض الذى عملوا لعلهم يرجعون ﴾ (الروم : ٤١) .

ويجب أن ترتبط كميات الأسمدة كذلك بالعوامل البيئية الأخرى كالضوء والحرارة المؤثران على إنتاجية الغذاء الطبيعي . ويبقى التجريب كأفضل وسيلة لتقرير الاحتياجات السمادية لكل موقع .

توزيع سماد سائل من قارب بموتور

٨ - أهم العناصر المحددة لمعدل إنتاج المادة العضوية نتيجة البناء الضوئي في الطحالب وحيدة الخلية في الطبقة السطحية من البحار هي الأزوت والفوسفور اللذان يوجدان في ماء البحر بنفس نسبة وجودهما في هذه الهوائم النباتية (في المتوسط كنسبة ١٠ :١ أزوت : فوسفور) ، بانخفاض أي من العنصرين في البيئة ينخفض كذلك في الطحلب ، وزيادة الفوسفور يجعل النيتروجين يحد من نمو الهوائم النباتية .

ثانيا : المصادر الخارجية (الصناعية)

: External (Artificial) Resources

تستخدم مصادر التغذية الصناعية كأعلاف تكميلية أو بديلا كاملا للتغذية الطبيعية حسب وفرة الغذاء الطبيعي ونظام الإنتاج السمكي ، سواء في الإنتاج شبه المكثف أو المكثف ، إذ أن رفع معدلات الإنتاج الطبيعي للقاعدة الغذائية عن طريق التسميد العضوي والكيماوي (المعدني) له حدود ، بعدها يصير سيء التأثير ، مما يوجب اضافة التغذية الصناعية التي تزيد الانتاج السمكي الكلي وتسمح بزيادة كثافة الأسماك علاوة على أن الفائض منها يعمل كسماد عضوي يزيد القاعده الغذائية الطبيعية بشكل غير مباشر . وقد تشمل المصادر الخارجية للتغذية زراعة نباتات مائية (لتغذية مبروك الحشائش مثلا) ، أو استخدام مخلفات زراعية ، ومخلفات تصنيع زراعي ، حبوب وبذور ومنتجاتها الجانبية ، وتربية الهوائم ونقلها لأحواض السمك. وقد تضاف إلى علائق الأسماك كثير من الإضافات كالمواد الملونة (كانتا اكزانثين Cantaxanthin) والمضادات الحيوية (كلورا مفينيكول Chloramphenicol) والهرمونات (ميثيل تستسترون Methyltestosterone) والأملاح المعدنية المختلفة والفيتامينات .

والمصادر الغذائية قد تكون :

١ - نباتية :

أ - نجيلية : كالحبوب الكاملة والمطحونة ونواتج طحنها وتبييضها والضرب واستخلاص النشا منها .

ب - بقولية : حبوب وبذور زيتية وأكسابها ومستخلصاتها ومساحيقها .

جـ - مختلفة : كمخلفات مصانع الأغذية (خضر ، فاكهة ، مولاس ، خميرة ، أوراق نباتية ومستخلصها البروتيني وسيلاجها) .

٢ - حيوانية :

وأهمها الأسماك ومساحيقها ومركزاتها وزيتها وسيلاجها ، مسحوق اللحم ومخلفات المجازر من جثث ومحتويات كرش وريش وأحشاء ودم وعظم في صورة مساحيق ، مخلفات مصانع الألبان والحرير (عذارى ديدان القز) وبرقات الحشرات .

٣ - مختلطة :

مثل مخلفات المطاعم والمطابخ والفنادق وقمامة المدن والأسواق .

٤ - إضافات :

أملاح معدنية ، فيتامينات ، هرمونات ، مضادات حيوية ، مضادات أكسدة ، ملونات ، عقاقير، مشجعات نمو .

ويجب أن يراعى في الغذاء الصناعي للأسماك مايلي :

١ - أن يكون رخيصا ومتوافر المصادر في البيئة المحيطه حتى تكون التغذية اقتصادية .

٢ - أن يكون مقبولا من الأسماك وذا معاملات هضم عالية وكفاءة تحويلية جيدة .

٣ - أن يكون تركيبه الكيماوى ملائما لنوع الأسماك ، وعند تغيير العلف لآخر يكون تدريجيا .

٤ - أن تتناسب حجم جزيئاته وصفاته الطبيعية (طفو / غطس) مع عمر السمك وعاداته الغذائية (جاف / سابق النقع) .

٥ - أن يقدم بالكم المناسب لأعداد الأسماك وأحجامها واستهلاكها والموسم والظروف الجوية .

٦ - أن يقدم على عدة وجبات يومية تضمن تمام الاستفادة منه وعدم تحلله وإفساده للبيئة المائية مما يسبب الأمراض للأسماك .

٧ - أن يكون متعدد المصادر الحيوانية والنباتية ومتوازنا من حيث الطاقة والبروتين والدهون

والفيتامينات والأملاح بما يفى باحتياجات الأسماك .

فعادة تستخدم لتغذية الأسماك نفس مكونات علائق الحيوانات وحيدة المعدة (كالدواجن) من حبوب وأكساب ومخلفات مزارع (نباتية وحيوانية) ومخلفات مجازر ومخلفات أسواق ومطاعم ومخلفات مصانع إعداد وتجهيز أو حفظ وتعليب وتجميد السلع الغذائية وغيرها من مخلفات التصنيع المختلفة ، إضافة إلى النباتات والحيوانات النباتية المختلفة التى تنمى خصيصا لتصنيعها كغذاء صناعى لمزارع الأسماك . وإن كان يفضل استخدام المصادر التى لاتنافس الأسماك عليها كائنات أخرى سواء آدمية أو حيوانية ، وهذا يتوقف على أسعار هذه المكونات الغذائية ومدى وفرتها ، وعلى هذا قد تستبدل الحبوب (غذاء الإنسان والدواجن وغيرها) بمنتجاتها الثانوية (من نخالة وكسر وحت ..) والبذور بمخلفاتها (أكساب) والأسماك بفضلات تصنيعها (مسحوق ومركزات وزيت وذائبات السمك) وهكذا .

ويراعى طبيعة السمك فى ارتفاع احتياجاتها البروتينية فلا ترتفع محتويات علائقها فى الكربوهيدرات ، وإن اختلف ذلك نسبيا من نوع سمكى لآخر . لكن تضاف الحبوب ومخلفاتها كمصادر للطاقة والفيتامينات ولربط مكونات العليقة وثباتها فى الماء . **فمن الحبوب ومخلفاتها** يستخدم فى تغذية الأسماك الأرز وحته (كسره) ورجيعه (وإن كان الرجيع غير المستخلص غنيا غذائيا لكنه سريع التلف ، والمستخلص أكثر تحملا للتخزين) والذرة ومطحونها (معاملة الأرز والذرة بالماء المغلى يحسن القيمة الغذائية للنشا فيهما) وجلوتية ، والقمح ونخالته .

ومن النجيليات كذلك الراى والشعير والشوفان . وينبغى خفض المكونات التى تعمل على تسمين السمك (كالذرة) وذلك قبل تسويقه بعدة أسابيع ، لكن تفضل إضافتها فى الخريف لتحتفظ الأسماك بطاقتها للشتاء . كذلك **الثمار القرنية** من ترمس وبسلة وفول حقل وفول صويا ، وإن كان الترمس خفيفا مما يصعب توزيعه على الجسم المائى . وأيضا تستخدم فى تغذية الأسماك أوراق وبروتين **أوراق النباتات** المائية والأرضية (ورد نيل - برسيم - ليوكينا - خبيزة - كاسافا - بطاطا - موز - ذرة وغيرها من الخضراوات والحشائش والأعشاب البحرية) . والخميرة الجافة غنية بالبروتين وبمجموعة فيتامين B المركبة . وقد تعامل بعض النباتات والأعشاب إما بالغسيل أو بالطهى أو المعاملة الكيمياوية (قلويات أو أحماض) ، فمعاملة نبات الليوكينا (بقولى استوائى) بالنقع والتجفيف تقلل سمية هذا النبات لما يحتويه من مركبات سامة ، ومعاملة المواد الخشنة مثل ورد النيل مثلا بالصودا الكاوية (٤٪) تحسن من نمو السمك وكفاءة تحويله الغذائى ولم تسبب أى تأثيرات سلبية أو نفوق لكن لاينصح بزيادة أوراق ورد النيل الجافة عن ٢٠ ٪ . وقد تجرش مكونات العليقة لتناسب جزيئاتها الصغيرة حجم فتحة فم الأسماك الصغيرة . وقد تنقع العليقة لمنع طفوها ، وقد تنبت البذور لإغنائها بالفيتامينات فى طور الإنبات ، وقد تجفف أو تطبخ أو تفرم .

ومن **مخلفات البذور الزيتية** تستخدم أكساب بذور القطن وفول الصويا والسمسم والكتان والفول السودانى وعباد الشمس ، وقد يتم التغلب على مشاكل بعض هذه الأكساب فالجوسيبول فى كسب القطن

سام للسمك فإما تستخدم أكساب القطن منخفض الجوسيبول أو أن يعامل الكسب بالبخار أو يضاف إليه كبريتات الحديدوز كما يجب إضافة الليسين إلى كسب القطن ، وكسب الصويا يضاف إليه الحمض الأميني المحدد فيه وهو المثيونين وبمعاملته حراريا يتغلب على محتواه من مثبطات الإنزيمات ، وينبغي إضافة المثيونين إلى كسب الفول السوداني والذي يجب خلوه من الأفلاتوكسينات السامة للأسماك والإنسان ، وكسب عباد الشمس يعوزه الليسين ، وكسب الكتان يحتوى على مثبطات للنمو فيجب إثراء عليقته من فيتامينات B ، وكسب السمسم غني بحمض الفيتيك مما يستلزم إضافة الفوسفور إلى علائقه .

ومن **المصادر غير التقليدية النباتية** في تغذية الأسماك مثل الاستفادة من بروتين أوراق النباتات (خاصة البقولية) بعصرها وترسيب البروتين بالحرارة أو الحامض أو بالطرد المركزى ، ولخفض التكلفة يخلط العصير مباشرة مع المواد المالئة (كالرجيعة وخلافها) والتجفيف الشمسى . وكذلك استخدام المولاس من مصادره المختلفة كمصدر للطاقة لخفض نسبة الحبوب المستخدمة . كما تستخدم الزيوت النباتية المختلفة كمصدر للطاقة والأحماض الدهنية الضرورية والفيتامينات وتربط مكونات العليقة وعدم إثارتها للغبار عند الطحن . كما يتم تنمية الكائنات الحية الدقيقة من بكتيريا وفطريات وخمائر وغيرها من أنواع معينة على بيئات مختلفة مغنية (سواء سائلة أو من مخلفات نباتية أو حيوانية أو بترولية أو صناعية) فتنمو هذه الكائنات وتتكاثر منتجة البروتين الميكروبى أو بروتين وحيدات الخلية Single Cell Protein (S.C.P.) أو الخميرة . وأيضا تزرع الطحالب الدقيقة (كغذاء ليرقات الأسماك وأنواع سمكية معينة) فى أحواض مسمدة عضويا . وقد تتغذى بعض الأسماك على الفاكهه والخضروات الطازجة كالموز والبطيخ والقرع .

والمصادر الحيوانية غنية بالبروتين عالى القيمة الغذائية والحيوية لارتفاع محتواها من الأحماض الأمينية الضرورية وكذا الأملاح المعدنية والفيتامينات، لذا فهى ضرورية لنمو الأسماك . ومسحوق اللحم ومخلفات المجازر تتباين فى تركيبها عن تركيب السمك ، لذا فنادرا ماتستخدم فى تغذية السمك ، بينما مسحوق الدم أفضل من مسحوق اللحم وأرخص من مسحوق السمك ، ومسحوق العظام غني بالمعادن وكذا البروتين (كولاجين) ، والريش المتحلل مائيا لايستخدم منفردا كمصدر للبروتين لانخفاض قيمته الحيوية ، إضافة إلى البيض والألبان والجبن والشرانق وغيرها .

والأسماك أهم المصادر الحيوانية الغذائية للأسماك ، وتستخدم طازجة (وإن احتوت أسماك الماء المالح على إنزيم الثيامينيز Thiaminase الذى يكسر فيتامين الثيامين إذا لم يتم تجميدها) ومجففة كمساحيق (يراعى تمام تجفيفها وألا تصاب ببكتريا السالمونيلا ، ويراعى عدم زيادة الملح فيها كمادة حافظة (١ - ٣ ٪) وكذلك الدهن (أقل من ٣٪) وعدم احتواها على الرمل وغيره من مواد غش كاليوريا) ، كما يستخدم زيت السمك كمصدر طاقة غني بفيتامينات D,A والأحماض الدهنية الضرورية ، وقد تحفظ الأسماك فى صورة سيلاج كغذاء للأسماك بتخمرها مع الكربوهيدرات أو باستخدام الأحماض أو بحفظها

بالملح . وسيلاج الأسماك أرخص من مسحوق الأسماك ، وبجانب رخص تكاليف تصنيعه وبساطة طريقة تحضيره فإنه يمكن حفظه لمدد طويلة دون تلفه ، ويمكن تصنيعه من عفشة الأسماك (الأسماك الصغيرة) ومخلفاتها ، ويسهل خلطه مع باقي مكونات العليقة كمصيدة ، سواء مع مخلفات المطاحن والمضارب أو مخلفات مصانع البسكويت والمكرونة وغيرها مما يثريها بالبروتين الحيواني ويحسن طعمها ورائحتها ويحسن من الاستفاده منها ويقلل فقدها . وحموضة السيلاج تمنع نمو البكتريا الضارة (بكتيريا العفن) والفطريات والخمائر مما يحفظ السمك من التحلل والفساد . ونظرا لضآلة حموضة السمك ولحتواه من ثالث ميثيل أمين أوكسيد (في الكائنات البحرية) الذى يشجع النمو اللاهوائى لبكتريا التلف ويختزل هذا المركب إلى ثانى ميثيل الأمين المنتج لرائحة غير مرغوبة عند تلف السمك (أمونيا) ، لذا يلزم عند عمل سيلاج السمك أن يضاف مصدر كربوهيدراتى ليقلل من هدم الأحماض الأمينية بفعل بكتريا التلف ، كما يضاف بادىء بكتريا حمض اللاكتيك لسرعة تحويل الكربوهيدرات إلى حمض يحفظ السمك من التلف لخفض pH السيلاج لأقل من ٤ . وعادة يضاف حوالى ٢٠ كجم مطحون حبوب لكل ١٠٠ كجم سمك أو ١٠ ٪ مولاس . وعند عمل السيلاج باستخدام الأحماض المعدنية يخفض pH لأقل من ٢ ، بينما عند استخدام الأحماض العضوية يكفى وصول pH ٣,٥ – ٤ (مع الفورميك) أو ٤,٥ (مع البروبيونيك) . ويتطلب حوالى ٩ لتر حمض غير عضوى عياريته ١٤ للأسماك العظيمة قليلة الدهن (٤ لتر للسمك الدهنى) أو ٣,٤ لتر (٦,٣ كيلو جرام) و ١,٥ لتر (٢,٨ كيلو جرام) حمض كبريتيك مركز / ١٠٠ كجم سمك قليل الدهن أو دهنى على الترتيب .

وقد يستخدم مخلوط الأحماض المعدنية (لخفض pH) والعضوية (كمضاد ميكروبى) بتركيز ٣٪ من مخلوط ٣ : ١ (حجم / حجم) حمض كبريتيك : حمض فورميك ، ويمكن استبدال حمض الهيدروكلوريك أو حمض الفوسفوريك بدلا من حمض الكبريتيك . ونظرا لزيادة رماد الأسماك الاستوائية فإنها تتطلب مزيد من الحمض (٢,٥ ٪ فورميك) للحفظ ، أو خلط أحماض الفورميك مع البروبيونيك (٣٪ على الأقل) .

ولعمل السيلاج يتم فرم السمك (سواء كامل أو أحشاء ومخلفات أو مخلفات جمبرى) وخلطه بالحمض ، فيتحلل إنزيميا ، وينوب حوالى ٨٠ ٪ من البروتين في سيلاج السمك بعد أسبوع واحد على درجة حرارة ٢٣ – ٣٠ °م ، ولايتحرر من الأحماض الأمينية سوى ١,٣ ٪ من الأزوت الأمينى في صورة أمونيا بعد ٣ أسابيع تحت الظروف الاستوائية ، وقد يهدم التربتوفان الحر ، كما أن المثيونين والهيستيدين قد يكونان غير ثابتين . وإذا عمل السيلاج من سمك تالف جزئيا فيكون الهيستيدين عاملا محددا كما يعتبر كذلك المثيونين عاملا محددا للنمو في سيلاج السمك . ويجب معادلة السيلاج المحمض بالأحماض المعدنية قبل التغذية عليه بإضافة ٢ – ٥ كجم جير / ١٠٠ كجم سيلاج . ولعصيرية السيلاج فيتطلب كمية كبيرة من المساحيق الرابطة لإنتاج محببات رطبة مقبولة (٣٠ – ٤٠ ٪ رطوبة) ، ولهذا السبب فالسيلاج المخمر أفضل من السيلاج المحمض لانخفاض رطوبة الأول وقلة احتياجه للمواد الرابطة . ويضاف السيلاج مع

المواد الرابطة بنسبة ١ : ١ لأكلات اللحوم أو قد يخفف السيلاج عن ذلك للأنواع الأخرى ، وبعد الخلط مع المواد الجافة (الرابطة) تعاد للمفرمة ثانية للحصول على خيوط أسطوانية من العجينة فتجفف شمسيا على لوح خشب أو مشمع أو خيش لتمام الجفاف ثم تعبأ في أجولة لحين الاستخدام . وقد تستخدم كعجينة بدون تحبيب وتجفيف . ويحفظ السيلاج في أوانى بلاستيك أو براميل أو أكياس أو حفر مبطنة بالأسمنت مع العزل عن الهواء بإحكام الغلق . والسيلاج غذاء مقبول للأسماك وليس له تأثيرات سلبية على الأسماك ونموها وصحتها وتركيبها الكيماوى وخواصها الحسية Organoleptic properties .

وإضافة إلى الأسماك فهناك مصادر حيوانية أخرى سواء بحرية أو أرضية كالجمبرى الطازج ومسحوقه الجاف وبيضه (كغذاء لليرقات) ، وقد يستخدم الكبد والطحال (لغناهما بالفيتامينات والبروتين) طازجا أو مجمدا أو مجففا مع الطازج بنسبة ١ : ١ لتغذية فقس الأسماك ، كما يستخدم الدم كما هو أو مخلوطا مع الجبن الأبيض أو مع الطحال والخميرة كغذاء للفقس ، والجبن الأبيض المستخدم عديم الملح طازجا وإلا تخمر وصار ضارا . ومن منتجات الألبان كذلك يستخدم اللبن المجفف والكازين ومشرش الجبن (عديم الملح) بعد تجفيفه . كما تنتج الحيوانات المائية الصغيرة فى أحواض خرسانية مطهرة بالجير الحى ومسمدة عضويا وتملأ بالماء مع استمرار التسميد العضوى أو بإضافة الدم الطازج أو اللحم أو مسحوق السمك حتى يظهر اللون الأخضر للطحالب واللون الأحمر للدافنيا Daphnia فتجمع يرقات الدافنيا والشيرونوميد Chironomid بشبكة دقيقة جدا وتغسل بالماء النظيف وتوزع لتغذية الفقس ، كما يمكن جمع الغذاء الطبيعى من الماء العميق بشباك يسحبها قارب ، كما يمكن جمع الضفادع والمحار وطحنها أو فرمها ، وإذا وضع مصدر للضوء (لمبة) على سطح الماء بارتفاع ١٠ - ٢٠ سم عند مدخل الماء فإنها تجمع الكثير من الحشرات المجنحة التى تسقط على الماء وتأكلها الأسماك .

العلائق المركزه الجافة : تشكل التغذية حوالى ٦٠ - ٦٥ ٪ من إجمالى تكاليف السمك ، لذا فمن المهم لاقتصادية الإنتاج أن يستفاد من التغذية الطبيعية والمخلفات البيئية رخيصة الأسعار ، وحبذا لو كانت التغذية الصناعية عبارة عن تغذية إضافية ولايعتمد فقط على التغذية الصناعية الكاملة . لذلك تمكن علماء تكنولوجيا العلف لمنظمة الأغذية والزراعة من استخدام المخلفات الزراعية وحققوا كفاءة تحويلية ١,٥ - ٢,٠ فى البلطى والقراميط فى إفريقيا الوسطى دون استخدام مسحوق السمك أو فول الصويا . والفدان من الزارع السمكية يلزمة ١,٢ طن علف (إضافة للغذاء الطبيعى) لتغطية احتياجات السمك الغذائية ، لذلك تحمل قطعان البط وغيرها من الحيوانات على المزارع السمكية لتخفيف الطلب على الأعلاف والأسمدة .

والأعلاف المركزة الجافة انتشرت فى مزارع الأسماك لسهولة تجهيزها فى نفس مصانع أعلاف الماشية والدواجن وغيرها . والعلف المركز الجاف توليفات متباينة المكونات حسب الغرض منها ووفرة وسعر المكونات المختلفة ، إذ تتكون من مكونات طازجة وأخرى جافة ، وبعضها نباتى والآخر حيوانى المصدر

بجانب الإضافات المختلفة . وقد تشتمل على مخلفات الدواجن ومسحوق اللحم وناتج التحلل المائى للريش ونواتج التخمر الساخن لمخلفات المجارى بجانب البيض والهوائم الحيوانية (كبديل جزئى لمسحوق السمك) كمصادر بروتينية ، وكذلك البطاطا والجزر ومخلفات الأسواق ومخلفات الخبز والأكساب والنخالة والحشائش والطحالب . وقد يحل الكازين أو الخميرة أو الطحالب محل السمك.

ومن الإضافات فى التغذية المركزة الجافة (المحببة) إضافة المضادات الحيوية مثل أوكسى تتراسيكلين (١٩٢ مجم / كجم علف) لخفض الفقد بالعدوى المرضية (كاستسقاء البطن) وهى لاتترك متبقيات Residues فى لحوم الأسماك بعد ٢ - ٣ أيام أى لاخطورة منها على المستهلك الآدمى .

وتنتشر فى الأسواق كثير من الأعلاف المركزة الجافة فى صورة بلانكتون صناعى يغنى عن الأغذية الحية كالطحالب الدقيقة والروتيفيرا والارتيميا ، ويتكون من بيض سمك وصفار ولبن فرز وبروتين سمك ومسحوق كبد وفيتامينات ومعادن ، وهو علف للأطوار الأولى من السمك يحتوى ٥٠ ٪ بروتين ، ٢٤ ٪ دهن ، أقل من ١٪ أليـاف ، أقل من ٨٪ رمـاد ، أقل من ٨٪ رطوبة ، وذلك فى صـورة كـبـسـولات دقـيـقـة Microcapsules (٣٠ - ٤٥٠ ميكرون) . كما تباع مساحيق الطحالب الخضراء المزرقة المجففة حجم جزيئاتها ٨ - ١٠ × ٢٠ ميكرون أو ٨ - ١٠ × ٥٠ - ١٠٠ ميكرون ، بمحتوى بروتينى ٥٥ - ٧٠ ٪ ودهنى ٤ - ٧٪ وكربوهيدراتى ١٥ - ٢٥ ٪ ومعدنى ٧ - ١٣ ٪ وليفى ٤ - ٧٪ ورطوبة ٣ - ٧ ٪ . وكذلك توجد قشور الجمبرى Brine Shrimp Flakes من الارتيميا Artemia Salina البالغة بعد معاملتها بالطرد Extrusion وإضافة مساحيق السمك والدم ومستخلص الخميرة ومركزات وزيوت الأسماك ، وذلك لتوفير احتياجات السمك والجمبرى من صبغات وأحماض دهنية ، ويحتوى على الأقل ٥٢ ٪ بروتين وكذلك ١٢ ٪ دهن و ٨٪ رماد و ٦٪ رطوبة . كما يباع بيض الجمبرى Brine Shrimp Eggs (Artemia cysts) ويحتوى الجرام منه ٢٠٠ - ٤٢٠ ألف بيضة ، ويباع فى عبوات زنة نصف كيلو جرام مغلقة تحت تفريغ ، ويتم فقس البيض فى ظرف ١٥ - ٣٦ ساعة (بنسبة ٩٠ ٪) ، وهى أساس تغذية يرقات الأسماك والجمبرى كغذاء حى ، فيبلغ حجم تجارة بيض الارتيميا ٣٠٠ طن سنويا بسعر ٢٠ - ٨٠ دولار للكيلو جرام من البيض الجاف حسب خواصه ، ويتراكم بيض هذا الجمبرى الصغير على شواطىء البحيرات عالية الملوحة فى طبقات بنية محمرة ، وبعد تجهيز البيض لحفظه جافا يمكن إعادة حيويته بوضعه فى ماء مالح فيفقس فى ظرف ٢٤ ساعة تقريبا يرقات صغيرة Nauplii حرة السباحة بطول حوالى ٠,٤ مم ويمكنها بلوغ ١ سم فى الطول لكنها تصير غير مأكولة ليرقات الأسماك فى هذا الحجم .

وتقبل معظم أنواع الأسماك على الأعلاف الصناعية المحببة Pelletized artificial feeds والتى تعامل عند تجهيزها بعد الطحن والخلط بالمعاملات الحرارية لتساعد على التكعيب Pelleting ولتحسين خواص العلف . ففى هذه المعاملات الحرارية يمكن تثبيط وتحطيم بعض المركبات غير الغذائية أو السامة

خاصة بعد الطحن الذى يزيد مسطح جزيئات العلف المعرضة للحرارة ، فيزيد استهلاك العلف والاستفادة منه .

ومن طرق المعاملة لرفع القيمة الغذائية :

١ - الحرارة الجافة أو الأشعة تحت الحمراء لمدة ٢٠ - ٥٠ ثانية على ٢٥٠ °م فيثبط مثبط التريسين فى مخلفات الصويا ، ويتم التجفيف وتطول مدة الحفظ .

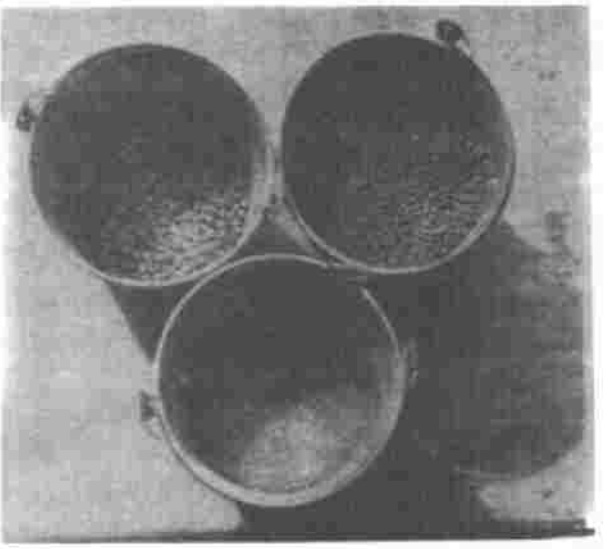
٢ - الطرد أو الدفع Extrusion يولد حرارة مرتفعة نتيجة الاحتكاك ، ويتم تحت ضغط مرتفع ويؤدى إلى الجلتنة Gelatinization فيساعد على هضم النشا ، ويتم تحت ظروف جافة أورطبة ، ويساعد على إتلاف الأفلاتوكسين .

٣ - التسخين الرطب Expansion وهو طبخ تحت ضغط مرتفع بالبخار أو الماء يليه تجفيف .

٤ - الهضم الإنزيمى أو التخمر (سيلچة Ensilage) بالأحماض أو البكتيريا ، أو الهضم بالقلويات كالصودا الكاوية للمخلفات الغنية بالسليلوز واللجنين .

٥ - إغناء العليقة بمصادر بروتينية أو بالأحماض الأمينية الضرورية التى تعوز مكوناتها .

وتحتاج مزارع الأسماك إلى موزعات العلف الجاف Dry feed dispensers أو قد يوزع يدويا إذا لم تتوفر الوسائل الميكانيكية أى الموزعات الآلية Automatic dispensers التى تعمل بالكهرباء ، والتوزيع اليدوى يكون على الضفاف أو باستخدام قارب . وهناك غذايات تعمل بواسطة السمك ذاته ، وفى الإنتاج المتسع تستخدم ناثرات Blowers تقذف بالحبوب أوالمكعبات بمقننات فى أوقات محددة .



أعلاف محببة Pellets للأسماك مختلفة الأحجام

سمك ثعبان يتغذى تغذية مكثفة على غذاء مركز جاف

استهـلاك الغـذاء :

يختلف مستوى التغذية كثيرا باختلاف نوع السمك وعمره ومرحلة نموه وحالته الصحية والفسيولوجية والظروف الجوية والموسم من السنة ونظام التغذية والإنتاج وغير ذلك . ففى البلطى مثلا وزن ٦٥ جم فى نظام مغلق يكون أفضل مستوى تغذية هو ٢٪ من وزن الجسم يوميا (على ٣ وجبات يومية) . وإذا كان أفضل معدل تحويل غذائى فى البلطى الموزمبيقى على معدل تغذية ٢ ٪ ، فإن أفضل معدل تحويل غذائى للبلطى النيلى يكون على معدل تغذية ١٪ من وزن الجسم يوميا . وأفضل معدل تغذية اقتصادية يكون أقل من معدل التغذية اللازم لأقصى نمو . والمستوى الأمثل لتغذية البلطى الأخضر T.zilli صناعيا تراوح مابين ٤ – ٦ ٪ من وزن الجسم يوميا . ولقد أعطى سمك المبروك اللامع Mirror Carp عند تغذيته بمستوى ٢٪ من حيز الجسم التمثيلى (وزن الجسم) ٠,٨٠ للأصبعيات (١٥ – ٢٢ جم) أعطى معامل تحويل غذائى حوالى ١ كجم علف / كجم زيادة فى وزن الجسم وذلك تحت ظروف الإنتاج المكثف ، إلا أن زيادة مستوى التغذية يخفض من كفاءة الاستفادة الغذائية لانخفاض الهضم وبالتالى الاستفادة بجانب زيادة استهلاك الأوكسجين وزيادة العمليات الميتابوليزمية بالجسم ، لكن زيادة كل من مستوى وتكرار التغذية تحسن من النمو والاستفادة الغذائية ، وأيضا زيادة عدد مرات التغذية تحسن من النمو ومن الاستفادة الغذائية للسمك . وعلى ماسبق ينصح بتحديد مستوى تغذية السمك لضمان كفاءة الاستفادة من الغذاء وطاقته وبروتينه ، والتى تتوقف على نوع السمك ومستوى التغذية وغير ذلك من عوامل الإنتاج .

ونظرا لتوقف كمية وتركيب علائق التغذية الصناعية على احتياجات السمك الكلية ومدى وفرة الغذاء الطبيعى ، وهما عنصران متغيران ، فإن تحديد الاحتياجات من العلائق التكميلية تعد عملية صعبة جدا . ومثالا على ذلك : حوض سعته ٣ هكتارات ، كفاءته البيولوجية (B) أى قيمته الغذائية ٦ (B لهامدى من ١ إلى ١٠) ، يراد تربية المبروك فى الحوض حتى وزن كيلو جرام علما بأن معدل الفقد ١٠ ٪ ، وزيادة الإنتاج الطبيعى الراجع للتسميد يتوقع أن يكون حوالى ٦٦٪ ، والمستهدف زيادة الإنتاج الطبيعى المقدر ٤ أضعاف بواسطة التغذية الصناعية ، فما هى الاحتياجات الغذائية من علية معدل تحويلها ٤ علما بأن معامل الإنتاجية (k) ٣ .

الحل : الإنتاجيـة الطبيعية للحوض (K) تقدر من المعادلة الخاصة بالإنتاجية فى الأحواض الصناعية :

$$K = Na / 10 . B . k$$

حيث Na مساحة الحوض بالآر Are [بينما إنتاجية المجرى المائى : K = B.L.k حيث L المقدرة البيولوجية لمتوسط عرض المجرى] والآر ١٠٠ م^2 (٠,٠١ هكتار أو $\frac{1}{40}$ من الاكر Acre حيث الاكر ٠,٤ هكتار أو ٤٠٠٠ م^2)

∴ الإنتاجية الطبيعية K =

$$k = \frac{Na}{10} \times B \times K = \frac{3 \times 100}{10} \times 6 \times 3 = 540 \text{ Kg}$$

والإنتاجية الراجعة للتسميد ٦٦ ٪ =

$$540 \times 0.66 = 356.4 \text{ Kg}$$

أى أن الإنتاجية المحسوبة طبيعيا =

$$540 + 356.4 = 896.4 \text{ Kg}$$

والإنتاجية الكلية المطلوبة لتعادل ٤ أضعاف الإنتاج المحسوب طبيعيا =

$$896.4 \times 4 = 3585.6 \text{ Kg}$$

فالإنتاجية الراجعة للتغذية الصناعية =

$$3585.6 - 896.4 = 2689.2 \text{ Kg}$$

وإذا كانت العليقة معدل تحويلها ٤ فان الغذاء المتطلب =

$$2689.2 \times 4 = 10756.8 \text{ Kg}$$

ويكون معدل تخزين السمك (بالعدد) = $\frac{\text{الإنتاج أو النمو المستهدف كجم}}{\text{النمو الفردى كجم}}$ + الفقد (بالعدد)

$$= \frac{٣٥٨٥,٦}{١} + \frac{٣٥٨٥,٦ \times ١٠}{١٠٠} = ٣٩٤٤$$

طرق تقدير استهلاك الغذاء في السمك :

تتعدد الطرق ، وقد يمكن حصرها تحت نوعين وذلك للاستدلال على حالة السمك الغذائية .

١ - **التقدير النوعى** : ويشمل تحليل مكونات المعدة وتحديد نسبة تواجد كل نوع من الغذاء ، وعدد كل نوع غذائى كنسبة مئوية من العدد الكلى للأغذية الموجودة بالمعدة ، والأنواع الأكثر تواجدا ، والحجم الكلى للمعدة وحجم كل نوع غذائى بالمعدة ، ونسبة حجم كل غذاء من الحجم الكلى للمعدة ، الوزن الجاف للغذاء الكلى بالمعدة كنسبة مئوية ، وقد يقدر الوزن الرطب لكل غذاء على حدة وللأغذية كلها فى المعدة ، أو بطريقة النقط ، إذ يعطى كل غذاء نقط تمثل تكراره وحجمه وهى تشبه الطريقة الحجمية أو الوزنية .

وقد تقدر الحالة الغذائية بتحليل عضلات السمك (بعد إزالة الأمعاء والمناسل ومثانة العوم والكبد)

سواء للطاقة أو للمادة الجافة ، على أساس أن التجويف البطنى والعضلات تعتبر مخازن الطاقة الرئيسية فى كثير من الأسماك .

وقد يعبر عن دليل الأمعاء Gut index كنسبة المادة الجافة للأمعاء إلى وزنها الرطب ، حيث إن المادة الجافة (أو الطاقة) فى الأمعاء تؤخذ كذلك كمؤشر عام للحالة الغذائية . كما قد يستخدم عامل الحالة Condition factor (K) للدلالة على الحالة الغذائية العامة للسمك . كما يستخدم أيضا دليل الكبد Liver index (٪ وزن الكبد من وزن الجسم) كبديل لعامل الحالة (K) أو لدليل الأمعاء كبدائل للدلالة على الحالة الغذائية العامة Gross Nutritional State .

٢ - **أفضل طرق التقدير** هى مابنى على تسجيل كمية وحجم عناصر الغذاء فى المعدة ، وهناك طرق حجمية وأخرى وزنية وثالثة متعددة ، فيمكن قياس متوسط الوزن الجاف لأنواع الغذاء Prey ويعبر عنها بالوحدات الوزنية ، كما يستخدم متوسط الوزن الكلى لمحتوى المعدة بالنسبة لوزن السمك للتدليل على السلوك الغذائى ، واختلافات متوسط وزن محتوى المعدة على مدار عام يدلل على اختلافات شدة التغذية وكثافتها وقد يعبر عن الوزن رطب أو جاف . ولدراسة تقييم العلف بالطرق الوزنية لايفضل الاعتماد على وزن محتويات المعدة بل يعتمد على قيمة الغذاء السعرية (الحرارية) أى قيمة طاقته . والدليل الذى أخذ بالاعتبار مختلف مصادر القياس هو الدليل الأصوب فى هذا التقدير لذا يستخدم دليل الأهمية النسبية Index of Relatvie Importance (IRI) الذى يتضمن النسبة المئوية للعدد (%N) أى كمى ، وكذلك النسبة المئوية للحجم (%V) أى حجمى (أو وزنى) ، وتكرار وجود (F) الغذاء

$$IRI = (\%N + \%V) \times \%F$$

وقد ينشأ خطأ فى حساب دلائل أهمية الغذاء من جراء وجود أى مصدر غذائى غير ملائم للسمك (كالهياكل العظمية والقشور) لكنه قد يوجد فى محتويات المعدة ، أو لإطالة فترة الصيام ، أو لعدم وجود غذاء ، أو لمحتوى الغذاء المرتفع فى الدهون ، أو لحرارة الماء ، أو لاختلاف فى معاملات الهضم .

فتقدير استهلاك الغذاء وأهميته يقدر بطرق نوعية وأخرى كمية (وزنية أو حجمية) ويتخلله تقديرات كيماوية (كالمادة الجافة أو الطاقة أو البروتين) وقد يتطلب الأمر إجراء تجارب تغذية فى أحواض لدراسة كفاءة تحويل الغذاء إلى لحم فى السمك مع قياس طاقة الغذاء والروث الناتج من التغذية على القدر المطعوم من الغذاء المختبر . **ومن الطرق المستخدمة فى تقدير كمية الغذاء التى تتطلبها الأسماك :**

أ - قياس مباشر للكم المستهلك فى وجبة معينة أو فى فترة زمنية معينة .

ب - قياس معدل تفريغ المعدة (كوحدات وزنية من الغذاء تنتقل فى وحدة الزمن) كمقياس دائم القياس فى الدراسات الفسيولوجية الغذائية على العوامل المؤثرة فى التغذية والهضم . وقد يقدر الاستهلاك الغذائى اليومى من هذه النتائج على افتراض أن متوسط معدل مرور الغذاء إلى الخارج (من المعدة) ينبغى أن يساوى متوسط معدل الاستهلاك .

جـ - ميزان الطاقة أو النيتروجين ، إذ ينبغي تقدير استهلاك الغذاء للسمك على أساس احتياجاته للطاقة أو النيتروجين ، أو العلاقة ما بين استهلاك الغذاء والنمو .

ويتم فى المعمل قياس كل من استهلاك وإخراج وامتصاص الغذاء والعمليات الميتابولزمية والنمو لمعرفة احتياجات الأسماك الغذائية وتكوين علائقها أو لدراسة فسيولوجيا التغذية وعمليات الهضم ورعاية الأسماك ، رغم أن الظروف المعملية تشكل غالبا ضغوطا واضطرابات للأسماك تحت التجربة أو تكون النظم الغذائية غير طبيعية أو غير قابلة للتحقيق مما قد يؤثر على النتائج ويجعلها متباينة كثيرا لنفس الأنواع باختلاف الباحثين أو ظروف التجارب . ويقدر معدل استهلاك الغذاء كنسبة مئوية من وزن الجسم ، وذلك كنسبة مئوية للعلف المستهلك فى فترة ما (أسبوعين) مقسوما على نصف حاصل جمع وزن السمك فى أول ونهاية فترة التغذية (أسبوعين) .

استهلاك الغذاء وإخراجه :

يتم قياسها بتتبع وجبة قابلة للتعرف عليها بواسطة طرق مختلفة منها :

١ - الملاحظة المباشرة لنشاط التغذية بتقديم أغذية معروفة الوزن والعدد وملاحظة عدد المأكول منها بالنظر أو بتسجيل نشاط التغذية على فيلم ، ويعيب الملاحظة بالنظر أنه لايمكن تعقب أكثر من سمكة واحدة فى نفس الوقت كما أن كل سمكة تحتاج إلى حوض منفرد وينبغي استخدام أغذية طافية لكن الفيلم يسجل لمجموعة أسماك فى نفس الحوض . ويمكن حساب استهلاك الغذاء بالفرق بين الغذاء المضاف والمتبقى بعد فترة التجربة ، سواء فى حوض لمجموعة أسماك أو حوض منفصل لكل سمكة ويفصل الغذاء المتبقى سواء بترشيح ماء الصرف أو بجمعه من أسفل قاع مثقب مزدوج.

٢ - فحص محتويات المعدة لمعرفة استهلاك الغذاء ومعدل مروره ونوع الغذاء المأكول . فتغذى مجموعة أسماك لحد الشبع ثم يذبح أو يقتل منها على فترات لقياس معدل مرور الغذاء ، ويجب صيام الأسماك قبل التجربة لعدم اضطراب النتائج لتداخل غذاء آخر . ولإزالة محتويات الجهاز الهضمي بسهولة يمكن تجميد السمك قبل فتحه وبعد التسييح الجزئى يمكن إزالة المحتويات ككتلة واحدة مع عدم تلوثها بمواد من الجهاز الهضمى نفسه (طلائية أو مخاطية) ، ويقسم الجهاز الهضمى إلى عدة مناطق ويتبع مرور الغذاء من المعدة والأجزاء التالية لها . وهذه الطريقة غير مناسبة مع الأسماك الصغيرة لصعوبة تشريحها . ويمكن تعليم الغذاء بالصبغة (National Fast Blue 2 g / l) ففى هذه الحالة يقدر معدل مرور الغذاء دون الحاجة إلى صيام الأسماك قبل أو بعد التغذية على الغذاء المختبر . وللتغلب على مشاكل الاضطرار إلى قتل السمك فيمكن أخذ محتويات المعدة من السمك الحى بوضع أنبوبة أختبار فى المرىء والضغط على جانبى السمكة لإخراج الغذاء من الفم ، وهناك مضخة معدة يمر فيها الماء باندفاع من أنبوبة مثبت عليها صمام يسمح بالمرور فى اتجاه واحد فيسحب محتويات المعدة ،

وهناك أجهزة أخرى عبارة عن أنبوبة واحدة تصل إلى المعدة ، وهناك جامع عينات المعدة مكون من سرنجتين ، إحداهما تضخ ماء للمعدة خلال أنبوبة فيسحب الغذاء من المعدة إلى السرنجة الأخرى ، كما يمكن ضخ الماء من فتحة الإست للحصول على محتويات المعدة من الفم . وهذه الطرق تخرج على الأقل ٩٥٪ من الغذاء مع القليل من التأثيرات على الحيوية والنمو بعد ذلك . وقد يستخدم الملقط في تفريغ المعدة ، أو تستخدم المقيئات Emetics كحمض الزرنيخوز وأبو مورفين بالحقن في المعدة إلا أنها تسبب النفوق (بنسبة عالية) ، كما أن مضخة المعدة قد تؤدى إلى تمزق مابين المرىء والمعدة .

٣ - استخدام النظائر المشعة وأشعة إكس لاتتطلب إزالة محتويات الجهاز الهضمى ، وبالتالى تتلافى مشاكل الحصول على الغذاء من الجهاز الهضمى ، سواء والسمك حى أومقتول . لذلك يبحث عن تراكم الإشعاع نتيجة التغذية على علبقة محتوية على نظير مشع غالبا سيزيوم ١٣٧ للتعبير عن استهلاك الغذاء ومروره . وعيب هذه الطريقة هو خطورة التعامل مع المواد المشعة فى إعداد العلف ومتبقياته في العلف والماء والسمك كما أنها تقيس استهلاك الغذاء بطريقة غير مباشرة لكنها تمتاز بعدم الحاجة إلى قتل السمك ، كما أنها تمكن من قياس استهلاك الغذاء ومعدل المرور للغذاء على نفس السمكة ، كما أنه لايحتاج إلى صيام السمك . ويمكن أخذ صور بأشعة إكس لأسماك بعد تخديرها بعد التغذية على علبقة محتوية على مسحوق (برادة) حديد (بقطر جزيئات ١٠٠ - ٢٠٠ ميكرون) بتركيز ٥٪ من العلبقة ، ولاتحتاج الأسماك إلى الصيام قبل أو بعد الغذاء المرقم ، ويمكن تتبع جزيئات الحديد فى الجهاز الهضمى على صورة أشعة إكس ، وتشير عدد جزيئات الحديد الموجودة مباشرة بعد التغذية إلى تقدير استهلاك الغذاء بينما يشير النقص في جزيئات الحديد إلى معدل المرور . وهذه الطريقة أسهل وعديمة الخطورة مقارنة باستخدام النظائر المشعة .

٤ - غذايات حسب الطلب Demand Feeders : تعود الأسماك على الحصول على غذائها حسب الطلب بالضغط على ذراع وتحسب عدد الحركات فى وحدة الزمن لدراسة سلوك التغذية الاختيارية للسمك بالنسبة للمتغيرات البيئية كالضوء والحرارة وجودة العلف (محتواه من الطاقة ، تذوقه ، وغير ذلك) وغيرها ، وحيث كل نقرة على الغذاية تمثل كمية معلومة من الغذاء فبحساب عدد النقرات يمكن حساب كمية العلف المستهلك في وحدة الزمن .

٥ - إنتاج الروث وتتبعه يشير إلى وقت تفريغ القناة الهضمية ويمكن صبغ الغذاء بالكارمين Carmine وتتبع خروج الروث المصبوغ بالأحمر الفاتح لحساب زمن مرور الغذاء بالجهاز الهضمى .

وتتوقف علاقة السمك بغذائه على عوامل عديدة متداخلة مما يؤدى إلى تعقيدها ومن بينها الحرارة والضوء والملوحة وحجم السمك والنشاط والسلوك والشهية ونظام التغذية والصيام والضغوط Stresses ونوع الغذاء . فمن بين العوامل المؤثرة على احتياجات الأسماك من الطاقة (الغذاء) مايلى :

١ - **نوع الأسماك** : متوسط معدل التغذية لأسماك المناطق الحارة ١٦,٧ ٪ (٤,١ - ٣٦,٠ ٪) والمناطق المعتدلة ٥,٩ ٪ (١,٨ - ١٧,٣ ٪) من وزن الجسم / يوم وذلك من دراسات عديدة على أنواع سمكية متعددة . إذ أن لدرجة الحرارة تأثيرا هاما على استهلاك الغذاء فى الأسماك ، ولذلك ثبت أن معدل تغذية الأسماك الاستوائية حوالى ١٨٠ ٪ أكثر من متوسط استهلاك أنواع المناطق المعتدلة وذلك لارتفاع الميتابوليزم القاعدى (الأساسى أو القياسى) أى احتياجات حفظ الحياة لأسماك المناطق الحارة طبقا لارتفاع درجة حرارة البيئة ، إذ تفقد أسماك المناطق الحارة ٢,١ كيلو جول / كجم / ساعة بارتفاع ٧٠٪ عن متوسط قيمة أنواع المناطق المعتدلة (١,٢ كيلو جول / كجم / ساعة) وعليه فارتفاع درجة الحرارة لايزيد احتياجات الحفظ فقط بل كذلك يزيد معدل التغذية إلا أن ارتفاع معدل التغذية (١٨٠ ٪) حوالى ٢,٥ مرة أكبر من الزيادة (٧٠ ٪) الملحوظة فى ميتابوليزم الحفظ ، وهذا الفرق (١١٠ ٪) ربما يرجع لسرعة وكفاءة النمو التى تميز الأسماك الحارة نظرا لأن الأسماك من ذوات الدم البارد أى متغيرة درجة حرارتها بتغير درجة حرارة الماء بما يتبعه من تغيير معدل الميتابوليزم وما يرتبط به من تغييرات فى معدلات التنفس واستهلاك الأوكسجين والاحتياجات إلى الطاقة (الغذاء) ويؤثر بالتالى على النمو .

وعلى نفس درجة الحرارة تتباين الأسماك المختلفة فى معدل تنفسها واحتياجها إلى الطاقة ، لكن عموما بانخفاض درجة حرارة الماء تتحمل الأسماك الصيام أكثر من وجودها فى ماء أعلى فى درجة الحرارة .

والأسماك التى تتنفس الهواء الجوى تفقد طاقة أكبر كلما كان الماء عميقا للمجهود المبذول فى العوم للصعود من القاع إلى سطح الماء لتتنفس الهواء الجوى ، مما يؤدى إلى زيادة معدل التغذية بزيادة عمق الماء الذى تسكنه ، وإذا لم يتوفر الغذاء فإن السمك يخفض من تكرار صعوده لسطح الماء ليوفر الطاقة ، وعليه فمعدل التغذية يتوقف على كل من عمق الماء ووفرة الغذاء . وفى حالة الصيام تخفض الأسماك من تكرار ظهورها للسطح للتنفس بحوالى ٧٠٪ إذ تخفض من الفعل الديناميكى النوعى وعليه ينخفض معدل الميتابوليزم (إلى ٠,٢٥ مل أوكسجين / جم / ساعة) لكن ليس إلى نفس الحد الذى يمكن للأسماك التى تتنفس بالخياشيم والتى يمكن أن تخفض معدل استهلاكها للأوكسجين إليه (٠,١١ مل أوكسجين / جم / ساعة) لأنها تضطر إلى الصعود لسطح الماء للتنفس لتظل حية . والأسماك التى تتنفس الهواء الجوى كبيرة الحجم تقل فيها علاقة عمق الماء بتكرار صعودها للسطح وبمعدل التغذية لأن لها معدلا ميتابوليزم منخفضا نسبيا ، كما أنها فى كل مرة تتنفس تسحب حجم أكبر من الأوكسجين فلا تضطر إلى تكرار صعودها للسطح كثيرا كما أنها لاتتطلب معدل تغذية عال رغم عمق الماء .

٢ - **حجم السمك** : الأسماك الكبيرة لها معدلات ميتابوليزم أساسى أقل من الأسماك الصغيرة ، وذلك لأن السمك الكبير له مسطح جسم نسبيا أقل مما للسمك الصغير (الوزن الميتابوليزمى للسمك الكبير = و^{٠,٨٠} بينما للسمك الصغير = و^{٠,٤٠} حيث و = وزن الجسم) وبالتالى تكون الاحتياجات الغذائية الحافظة للسمك الكبير أقل لانخفاض فقدها للطاقة (إلى الماء) بزيادة وزن الجسم (أى بنقص

المسطح النسبى للجسم) أو عمر السمك ونموه .

وعليه عند حفظ السمك على مستوى عليقة منخفض فإن معدلات النمو والكفاءة الكلية للتحويل الغذائى للسمك الكبير تكون أعظم عنه للسمك الصغير ، إلا أنه بزيادة مستوى التغذية فإن السمك الكبير يبدأ فى إظهار انخفاض كفاءته الكلية بينما السمك الصغير تزيد كفاءته . وبزيادة طول السمك المفترس (آكل اللحوم) Predators يزيد تدريجيا حجم الغذاء (الفريسة) Prey ويختلف نوعه ، وقد يتوقف حجم الفريسة كذلك على درجة شبع السمك ذاته وكذلك على وفرة الغذاء . وهناك تناسب مباشر بين الغذاء المستهلك ووزن الجسم رغم زيادة العليقة بارتفاع درجة الحرارة .

٣ - **النشاط الفسيولوجى** : فى أثناء تناسل الأسماك تميل معظمها إلى الصيام وعدم استهلاك الغذاء ، رغم فقدها لطاقة جسمها لإنتاج وإخراج البيض والمنى . وبالصيام ينخفض معدل التنفس والميتابوليزم . وزيادة نشاط السمك بالحركة والعوم تزيد احتياجاته للطاقة فيزيد معدل ميتابوليزمة ومعدل تنفسه عما هو عليه فى حالة الراحة وعدم الحركة .

٤ - **التغذية** : الأغذية البروتينية (الحيوانية) تزيد احتياجات السمك للطاقة (فيزيد معدل استهلاك الغذاء) اللازمة لهدم البروتين وإخراج نواتج ميتابوليزمة ، لذا يستخدم جزء من البروتين كمصدر للطاقة ، فبارتفاع نسبة بروتين الغذاء يزيد معدل التمثيل الأساسى فى السمك . بينما الأسماك آكلة العشب احتياجاتها من الطاقة أقل وتكون أساسا من الكربوهيدرات والدهون . وبزيادة رماد (معادن) العليقة تزيد احتياجات الطاقة للتخلص من هذه المعادن المتصة . وعند تخفيف العليقة كأن يضاف إليها مثلاكاولين Kaolin ، فإن السمك يزيد من استهلاكه للغذاء سواء بزيادة تكرار التغذية وكذلك بزيادة معدل تفريغ المعدة.

٥ - **العوامل البيئية** : تؤثرعلى استهلاك الغذاء واحتياجات الطاقة من خلال تأثيرها على نشاط السمك وفقده للطاقة ، فالضوء يزيد النشاط بما يتبعه من فقد للطاقة ، ونقص الأوكسجين الذائب فى الماء يزيد من معدل التنفس والحاجة إلى الطاقة وينخفض متوسط معدل الاستهلاك اليومى للغذاء بانخفاض الأوكسجين الذائب فى الماء عن ٤ مجم / لتر بمقدار ٤٠ ٪ تقريبا فى مبروك الحشائش ، مما أدى للاعتقاد بإمكانية التحكم فى كمية الغذاء المستهلك بالتحكم فى الأوكسجين المتوفرفى الماء تحت ظروف معينة ، كذلك الملوثات العضوية وكبريتيد الهيدروجين تزيد الميتابوليزم القاعدى (الأساسى) ، وشدة التيارات المائية تدفع الأسماك لفقد الطاقة مما يزيد الاحتياجات الغذائية للنمو . كما أن انخفاض كثافة تخزين السمك تزيد استهلاكه من الغذاء ، وارتفاع درجة حرارة الماء تزيد معدل استهلاك الغذاء ، كما يتأثر استهلاك الغذاء بملوحة الماء .

كما يتوقف استهلاك الغذاء كذلك على احتياجات السمك الميتابوليزمية وعلى امتلاء المعدة ، ويتوقف الغذاء فى المعدة على معدل استهلاك الغذاء ومعدل تفريغه من الجسم . ويقف استهلاك الغذاء بامتلاء المعدة بغض النظر عن الاحتياجات الميتابوليزمية ، فهناك علاقة عكسية بين شهية السمك للأكل وبرجة امتلاء

المعدة. وإطالة فترة الصيام تخفض من معدل تفريغ الغذاء من الجسم فيراعى ذلك عند تصميم تجارب التغذية لتفاديها . وعموما ترتبط الشهية أو الرغبة للأكل بتفريغ المعدة Gastric Empting

الزمن اللازم للشبع Satiety (Satiation) time :

تصل الأسماك آكلة الحوم لحد الشبع إذا ما استنفذت ١ – ٣ ساعات كل يوم فى التغذية ، تتعامل خلالها مع غذاء يبلغ ٠,٤ – ١٢,٠٠٪ أو أقل . بينما الأسماك آكلة العشب تحتاج لقضم وتحطيم أنسجة النبات الصلبة وربما تطحن وتبتلع كميات محسوسة من المرجان والصخور والرمال مما يستهلك وقتا ، فبالنسبة لآكلات الأعشاب من طحالب ونباتات تقضى ٨ – ١٤ ساعة وتتعامل فى كل ساعة مع كم غذاء أقل (٠,٠٢ – ١,٠٠ ٪ من وزن الجسم لكل ساعة) مما فى حالة آكلات اللحوم . أما آكلات الفتات Detritivores التى تعوم قرب القاع وتبتلع الجزيئات الدقيقة فتستمر تغذيتها طويلا حتى ٢٤ ساعة فى اليوم ، فإنها ترشح حوالى ١٠٠ جم رواسب جافة لتحصل على ١ جم مغذيات جافة ، و على ذلك فقد لاتوجد حالة شبع فى الأسماك الآكلة بالترشيح وإن كان يمكن إحداث الشبع فى ظرف ساعة بتغذية معينة ، وتتوقف حالة الشبع فى هذه الأنواع على سرعة العوم ، لكن تتغذى الأسماك باستمرار بمعدل ثابت طالما توفر الغذاء فى الماء . ويؤثر حجم وكثافة جزيئات الغذاء على وقت الشبع ومعدل التغذية للأسماك ، إذ أن أنخفاض كثافة الغذاء يستدعى السمك أن يبحث عن مزيد من الطعام فى حيز كبير من الماء ، كما أن صغر جزيئات الغذاء بالنسبة لحجم السمك يخفض من كفاءة التغذية ، وعموما يقدم الغذاء الصناعى فى شكل عائم Floating أو عجينة (مبسوس أو مرطب) Paste إلى غير ذلك من الأشكال .

ويتوقف الوقت اللازم للشبع ليس فقط على نوع السمك (وتغذيته) بل أيضا على عمر (حجم) السمك ومدة الصيام السابقة للأكل ومعدل الاستهلاك وتفريغ المعدة والشهية وحجم جزيئات الغذاء وأنواعه . فحجم جزيئات الغذاء المختاره من قبل السمك تزيد بزيادة حجم السمك ، فالسمك الكبير لايأكل جزيئات الغذاء الصغيرة رغم وفرتها ، لكن يزداد معدل التغذية بوفرة الأحجام المناسبة لجزيئات الغذاء وذلك لامتياز السمك باختياريتها للغذاء Prey selection .

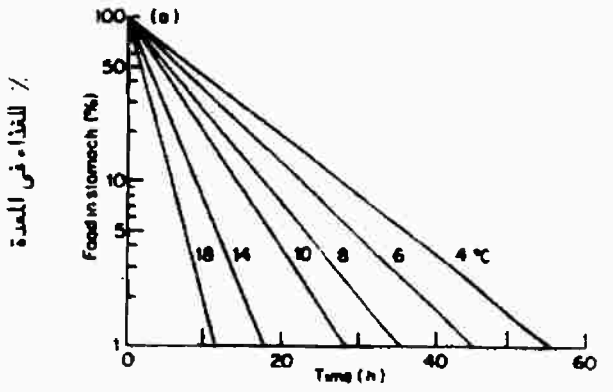
تفريغ المعدة Gastric Emptying or Gastric Evacuation :

تستبقى آكلات العشب جزء فقط من الغذاء المهضوم بينما معظم الغذاء يمر إلى الأمعاء ويمتص منه القليل ، لذلك فإن آكلات العشب لاتمتص سوى حوالى ٦٢ ٪ من الماده النباتية ، بينما فى آكلات اللحوم فإنها تنهش باستمرار فى الغذاء وتمرره إلى الأمعاء لمزيد من الهضم والامتصاص ، والفرق بين نوعى الأسماك هذه من حيث نظام الهضم ينعكس فى زمن تفريغ المعدة . فنجد فى آكلات العشب أنها تخرج ١٠٠ ٪ من الغذاء النباتى المستهلك فى حوالى ٦ ساعات (٣ – ١٠ ساعات) بينما تفريغ معدة آكلات اللحوم فى حوالى ٢٢ ساعة (٦ – ٤٨ ساعة) ولذلك نجد كفاءة الامتصاص فى آكلات النفايات ٤٢٪ ، وفى آكلات العشب ٣١ – ٨٨ ٪ ، وفى آكلات اللحوم ٨٥ – ٩٨ ٪ لمختلف المصادر الغذائية وذلك للعديد من

الأنواع السمكية داخل كل مجموعة (من حيث التغذية) سمكية . فأى عامل يخفض من زمن امتصاص الغذاء فى القناة الهضمية يخفض كذلك من كفاءة الامتصاص ، فأكلات العشب تستبقى الطعام وقتا أقصر فى المعدة (هضم جزئى) فبالتالى تنخفض كفاءة الامتصاص للغذاء . كما أن آكلات النفايات تستطيع فقط سحق جزئى لنفايات النباتات والطحالب ، وحوالى ٢٠ - ٣٠٪ من الغذاء يمر فى حالة غير مهضومة فى الجهاز الهضمى ، وكذلك تمر كميات كبيرة من الرواسب منخفضة القيمة الحرارية خلال المعدة ، فهذه المواد تمر عادة بسرعة من المعدة كمحاولة لحفظ معدل دوران الطاقة ثابتا نسبيا .

ويتناسب معدل تفريغ المعدة (مجم غذاء / جم وزن حى / ساعة) مع معدل التغذية (٪ من وزن الجسم / يوم) فقد كان معدل تفريغ المعدة ٠,١ ، ٠,٥ ، ٠,٥ ، ٥ مجم / جم / ساعة عند معدل تغذية ٠,٢ ، ١,٠ ، ١٠,٠٠ ٪ من وزن الجسم / يوم على الترتيب . فمعدل التفريغ فى آكلات العشب أسرع منه فى آكلات اللحوم لأن معدل تغذية الأولى أكبر من الأخيرة ولارتباط معدل التفريغ للمعدة بتركيز طاقة العليقة التى بزيادتها يزيد زمن إفراغ المعدة . وينخفض معدل تفريغ المعدة بارتفاع مستوى النشاط للسمك .

وتؤثر درجة الحرارة على سرعة مرور الغذاء فى القناة الهضمية للأسماك ، فبارتفاع درجة حرارة السالمون من ٨ إلى ١٨ °م ينخفض ، زمن تفريغ القناة الهضمية بنسبة ١٠٠ ٪ من ٥٠ إلى ٣٠ ساعة ، وبارتفاع درجة الحرارة من ١٢ إلى ٢٦ °م لأسماك المبروك انخفض هذا الزمن من ٦٠ إلى ٤ ساعات وذلك لزيادة استهلاك الغذاء وكذلك لارتفاع معاملات الهضم بزيادة درجة الحرارة . كما يختلف الزمن اللازم لتفريغ المعدة باختلاف وزن السمك ، إذ قد يتناسب حجم المعدة مع وزن الجسم فى بعض الأنواع ، وتتوقف شهية السمك على تفريغ معدتها ، ويزيد الزمن اللازم لتفريغ المعدة بزيادة وزن السمك . ويختلف كذلك زمن إفراغ المعدة باختلاف نوع الغذاء ذاته وتركيبه الكيماوى . وعند تساوى معدل التغذية (٪ من وزن الجسم) فإن تفريغ المعدة كاملا يتباين نسبيا باختلاف وزن الجسم للسمك ، وعند ثبات حجم السمك فإن تفريغ المعدة يتوقف على حجم الوجبة (معدل التغذية) . إذ يتوقف معدل الهضم على درجة الحرارة فيزيد بزيادتها ، كما يتأثر الهضم بحجم السمك وحجم الوجبة وتتابع الوجبات وحجم جزيئات الغذاء وغير ذلك . إذ توجد علاقة مباشرة بين إفراز العصير المعدى ودرجة الحرارة ، فزيادتها ١٠ °م يزيد معدل الهضم ٣ - ٤ أضعاف عنه على درجة الحرارة المثلى .



علاقة تفريغ المعدة

وزمنه بدرجة الحرارة

ومعدل تفريغ المعدة للأسماك المحبوسة فى أقفاص أقل منه فى الأسماك الحرة مما يؤثر على تقدير الاستفادة الغذائية .

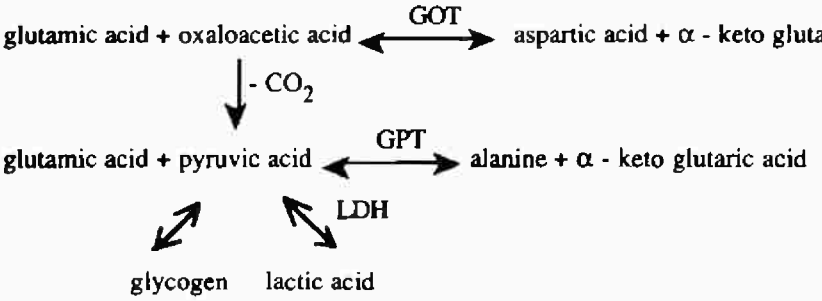
التجويع Starvation :

تمر كثير من الأسماك بفترات صيام Fasting أو تجويع طبيعية خلال الشتاء وهجرة التكاثر أو لنقص الغذاء . وهى فترات موسمية وإن كان لبعض الاسماك القدرة على التغلب عليها بوسائل كيموحيوية وفسيولوجية وسلوكية . إذ يمكنها خفض احتياجاتها الحرارية عند نقص الغذاء وذلك بخفض متوسط معدل الميتابوليزم ويظهر ذلك بنقص استهلاكها للأوكسچين . وفى أثناء التجويع تستمر العمليات الأساسية على حساب المخزون الجسمى مما يؤدى إلى فقد فى الأنسجة الجسمية .

وتلعب درجة الحرارة دورا هاماً فى التأثير على التغييرات فى تركيب الجسم فى أثناء التجويع ، إذ يكون تأثير التجويع فى الصيف أشد وقعا منه فى الشتاء لارتفاع معدل الميتابوليزم (زيادة الحاجة للطـاقة) صيفا .

وفى أثناء الجوع لاتستهلك الأسماك مخزونها الكربوهيدراتى (جليكوچين الكبد) بسرعة لذلك لايختلف جلوكوز الدم ولاجليكوچين الكبد كثيرا عنه فى الأسماك المغذاة ، ويرجع ثبات مستويات جلوكوز الدم فى أثناء التجويع إلى عملية تخليقه من مصادر غير كربوهيدراتية Gluconeogenesis والتى يعتقد أن لهرمونات قشرة غدة فوق الكلية (الأدرينال Adrenal gland) الكورتيزول Glucocorticoids دوراً هاما فى حث وتشجيع هذه العملية ، وذلك لعدم قدرة السمك على تحويل جليكوچين الكبد بسرعة إلى جلوكوز لعدم كفاية إنزيم الفسفرة Phosphorylase اللازم لتحويل الجليكوچين إلى جلوكوز – ١– فوسفات .

وخلافا لما هو فى الثدييات فإن الأسماك تخزن دهونها فى الأحشاء والكبد والعضلات الهيكلية ، ومعظمها دهون حقيقية وهى المصدر الرئيسى للطاقة اللازمة لحفظ نشاط السمك طبيعيا فى أثناء الشتاء وفى أثناء صيامه ، إذ يفقد خلال التجويع ٤٠ - ٥٠ ٪ من وزن السمك (كدهون) قبل التجويع ، بينما يشكل فقد بروتين العضلات وسوائل الجسم حوالى ١٠ - ٣٠ ٪ من الفقد (بالتجويع) فى وزن الجسم . فتجويع أسماك الفرخ عريض الفم مدة ٤٠ يوما على ٢٥ ° م فقدت خلالها ١٤ ٪ من الوزن (كدهن وبروتين بنسبة ٦٠ : ٤٠) . وأسماك الكراكى Pike عند تجويعها ٣ أشهر فقدت ١٢,٥ ٪ من وزنها ، إذ انخفض محتوى العضلات من الدهن بمقدار ١٥,٧ ٪ ، كما انخفض محتوى الكبد من الدهن بمقدار ٤٠,٩ ٪ ، وانخفض محتوى الكبد والعضلات من الجليكوجين بمقدار ٧٧,٣ ، ٥٤,٠ ٪ على الترتيب، بينما زاد محتوى رطوبة الكبد والعضلات ٩,٨ ، ٧,١ ٪ على الترتيب . وبالصيام قد ينخفض دهن الكبد من ٤٠ إلى ٢ ٪ من الوزن ، كما تنخفض نسبة الأحماض الأمينية الحرة فى العضلات إلى ١٦ ٪ تقريبا من الأصل وينعدم تقريبا الجليسين والهيستيدين ، كما تزيد الأحماض الأمينية الحرة فى الكلى والكبد والطحال خاصة الليوسين . وأكثر الأعضاء مقاومة لانخفاض البروتين بالصيام هى المخ والقلب ، بينما الأعضاء الأكثر تأثرا هى الكبد والكلى والطحال والأمعاء والعضلات على الترتيب . وتتأثر الإنزيمات بالتجويع ، فبانخفاض بروتين عضلات سمك موسى أرتبط ذلك بانخفاض نشاط إنزيمات الجليكوليتيك والجلوكونيو چينيك فى العضلات الحمراء والبيضاء . وفى سمك الثعبان الياباني يزيد نشاط إنزيمات الترانس أميناز (GOT , GPT) فى الكبد والتى ترتبط بتشجيع تخليق الجلوكوز من غير المصادر الكربوهيدراتية



وتختلف التغييرات الكيماوية الناشئة عن التجويع باختلاف الأسماك والعضلات ، ففى سمك البليس Plaice تفقد العضلات البيضاء الدهون والجليكوچين والبروتين وارتفع محتواها المائى ، بينما عضلاتها الحمراء لم تفقد إلا القليل بالتجويع لمدة ٤ أشهر . ولكن أسماك القطب الجنوبى Notothenia coriiceps neglecta تستفيد من دهونها وكربوهيدراتها المخزنة فى العضلات الحمراء بالإضافة لتلك المخزنة فى الكبد . وحتى الاختلافات تظهر فى نفس الجنس الواحد من السمك متباينة من نوع لآخر ، ففى ثعبان السمك الأمريكى الأصفر تحتفظ أنسجته بمستوى جليكوچين ثابت مع التجويع ، بينما ثعبان السمك الياباني يستفيد من جليكوچين ودهن الكبد ، والثعبان الأوربى يستفيد من جليكوچين ودهن الكبد

علاوة على دهن العضلات فى أثناء التجويع . ويتوقف نوع النسيج المستهلك فى الصيام على حالة السمك ذاته ، ففى أسماك البلطى الرندالى الصغيرة فى الحالة الجيدة استخدمت الدهون فى الهدم أكثر من استخدامها للبروتين ، والعكس حدث تحت ظروف غير جيدة ، إذ استخدمت الأسماك مخزونها البروتينى أكثر من الدهون للحفاظ على ميتابوليزمها الروتينى . وبالصيام تتسع الصفراء وتتلون بالأزرق أو الأخضر الغامق وبالتغذية تصفر وتشحب . وبالتجويع تنخفض نسبة وزن المعدة بالنسبة لوزن الجسم .

وتتباين كذلك مكونات الدم بالجويع ، ففى سمك القد (بكلا) Cod ينخفض جلوكوز الدم ، ونفس الشىء فى ثعبان السمك الأوربى والكراكى ، بينما لايتغير تركيز جلوكوز الدم فى سمك الضفدع (الأبتر) Toadfish والسمك الذهبى والثعبان الأمريكى . كما يؤدى نقص التغذية إلى زيادة مستوى الأحماض الدهنية الحرة فى بلازما الثعبان الأمريكى والأوربى ، بينما تأثير ذلك محدود على أسماك التراوت والكراكى، وتنخفض فى أسماك الضفدع . كما تنخفض النسبة الحجمية لجسميات الدم Haematocrite فى التراوت والكراكى بالتجويع لكن ذلك لم يلاحظ فى الثعبان الأوربى . كما تتأثر هرمونات الدم بالتجويع ، إذ ينخفض تركيز الثيروكسين T4 وينخفض تحويلة إلى T_3 فى التراوت ربما لانخفاض معدل الميتابوليزم والنشاط بالصيام . وبتجويع الكراكى يزيد محتوى بلازما دمائها من الكوليسترول . فالتجويع يصاحبه تغييرات معقدة ومتداخلة بين مختلف مكونات الجسم ولكنها تغييرات عكسية وليست مرضية بمعنى أنها بإعادة التغذية يتم تخزين الجليكوجين فى الكبد ويعود مستوى جلوكوز الدم وكذلك الهيماتوكريت مع زيادة دهن الكبد وكربوهيدرات العضلات والأحماض الأمينية فى الجسم لما كانت عليه قبل الصيام فى ظل عملية إعادة ضبط فسيولوجية وبيوكيماوية السمك بإعادة تغذيته . وقد تقاوم الأسماك الجوع لقدرتها على التمثيل المباشر للمادة العضوية الذائبة فى الماء والتى تمتصها الخياشيم بكميات بسيطة جدا لكنها مستمرة مما يساعد على حفظ الجسم ومقاومته رغم غياب الغذاء . إذ أن هناك من أنواع ثعبان السمك (اليابانى) مايحيا بدون طعام لأكثر من ٤ سنوات ، وأنواع أخرى بعد عدة شهور صيام يسحب خلالها بروتين العضلات البيضاء ويستهلك دهن الكبد كلية بينما لاتمس دهون المخ والقلب والخياشيم .

وبتزغيط Force feeding الكراكى (بالتخدير وضغط ٢٪ من وزن الجسم غذاء باللى المعدى) لمدة ٦ أيام بعد صيام ٣ أشهر زاد دهن الكبد وجليكوجين العضلات إلى مستويات أعلى مما هى عليه فى الأسماك المغذاة طبيعيا دون صيام وكذلك بالنسبة لنيتروجين الأحماض الأمينية بالبلازما .

الهضم Digestion والامتصاص Absorption :

رغم أن الأسنان (بمختلف أنواعها ومواقعها) والخياشيم لها دور فى الهضم الميكانيكى (تقطيع وطحن) للغذاء ، إلا أن الهضم الحقيقى (الإنزيمى) يبدأ فى معظم أنواع الأسماك فى المعدة التى تفرز غددها كل من حمض الهيدروكلوريك وإنزيم الببسين وذلك بفعل امتلاء المعدة وتنبيه العصب التائه Vagus بتنبيه الاسيتيل كولين والهيستامين والكارباكول (أحدا لمركبات الكولينية) . وفى الأسماك التى لاتحتوى معدة فإن أمعاءها تطول لتخزين وهضم الغذاء ، وزيادة طول الأمعاء وثناياها يزيد كفاءة الهضم لإطالة وقت

مرور الغذاء بالقناة الهضمية خاصة فى الأسماك آكلة العشب التى تزيد المواد غيرالمهضومة فى غذائها .

وتفرز الإنزيمات للهضم المعوى من الزوائد البوابية والبنكرياس ومخاطية الأمعاء ، كما تفرز الكبد (الصفراء) مستحلبات Emulsifiers (أملاح وأحماض الصفراء) تساعد فى هضم الدهون (وقد يفرز الليباز كذلك من أنسجة الخط الجانبى) . وتتوقف كمية ونوعية الإنزيمات على نوع الغذاء ، كما تتوقف معاملات الهضم على نوع الغذاء وكميته ونوع السمك وعمره ودرجة حرارة الماء وعوامله الأخرى كالطحن ودرجة pH المعدة وغيرها . والهضم فى المعدة يكون فى وسط حامضى pH ١,٥ - ٤ ، بينما فى الأمعاء يكون فى وسط متعادل إلى قلوى . وأهم الإنزيمات الهاضمة فى الأمعاء هى إنزيمات التربسين البنكرياسى ، كما توجد فى الأمعاء إنزيمات أميلاز وسكريز ولاكتيز ومالتيز ، إضافة إلى الليبيز . ولقد وجد أن نشاط الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات فى الأسماك آكلة العشب يفوق نشاطها فى آكلة اللحوم ، والعكس بالنسبة للإنزيمات المحللة للبروتين التى يزيد نشاطها بالتغذية الحيوانية (وبارتفاع درجة الحرارة) . ولما كان النشاط النوعى للإنزيمات المحللة للبروتين يرتبط سلبيا مع الطول النسبى للقناة الهضمية فى السمك ، فإن فترة تعرض الغذاء للإنزيمات الهاضمة للبروتين تزداد بزيادة طول القناة الهضمية ، وعليه فإن النشاط الكلى لإنزيمات هضم البروتين (ميكروجرام / سمكة / يوم) فى أنواع من آكلات اللحوم أو متنوعة التغذية أو آكلات العشب كان على الترتيب ١١١٧ ، ٣٤٧٦ ، ٦٤٣٥ أى أن هضم البروتين أكثر تركيزا فى آكلات العشب ومتنوعة التغذية . بينما بالنسبة لإنزيم كالسليولاز نجد نشاطه صفرا فى معظم الأسماك متنوعة التغذية وآكلة الأسماك Piscivores بينما معظم الأسماك آكلات اللحوم من أنواع اللافقاريات Invertivores تظهر نشاط عال لهذا السليولاز ، أى أن نشاط هضم السليلوز يرجع للتغذية على اللافقاريات والتى تحتوى على السليولاز أو كائنات حية دقيقة محللة للسيلولوز . ومن المعروف أن الأسماك التى تتغذى على الحيوانات الصغيرة تستفيد من إنزيمات هذه الحيوانات لذلك لاتحتوى أسماك المبروك على ليباز خاص بأجسامها هى بل تحصل على الإنزيمات الهاضمة للدهون من غذائها على اليرقات .

ورغم عدم احتواء بعض نوات الدم الحار (الحمام والببغاوات والجرذ والخيل والجمال) على كيس صفراء ، فإن نوات الدم البارد تحتوى دائما على كيس صفراء ، ورغم عدم وجود إنزيمات فى الصفراء فيشذعن ذلك احتواء صفراء المبروك على إنزيم استراز Esterase كما تقوم أحماض الصفراء بتنشيط ليباز البنكرياس .

ورغم افتقاد السمك للغدد اللعابية لأن غذائها رطب دائما وسهل البلع ، فإن الأسماك عديمة الفكوك يفرز فمها عصائر هاتمة للتجلط تسمح للسمك بابتلاع سوائل الأنسجة والدم مباشرة إلى الأمعاء . ويحتوى عصير المعدة (Gastric fluid (secretion فى الأسماك على إنزيمات الببسينوجينات (تنشط بفعل الحامض إلى ببسينات) والأميلاز والليبازوالاستراز والكيتيناز والهيالورونيداز والسليولاز (التى قد تنتجها الكائنات الدقيقة بالجهاز الهضمى) حسب نوع السمك وتغذيته . ويختلف ببسين السمك فى خواصه البلورية وتركيبه من الأحماض الأمينية عن ببسين الثدييات ، كما أن عصيرمعدة أسماك التونة أكفأ فى تحليل

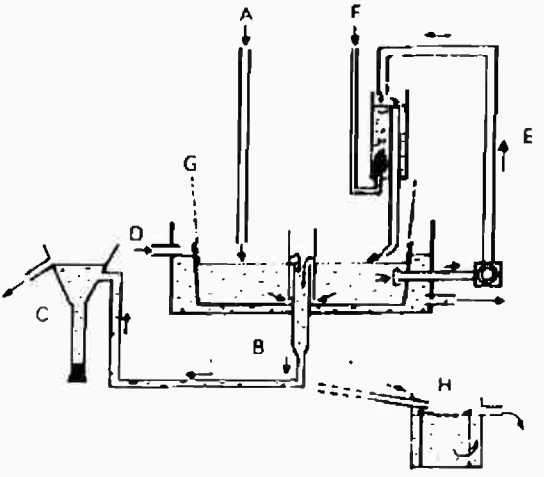
البروتين عن عصير معدة الثدييات كما يحتوى العصير البنكرياسى Pancreatic secretion على عديد من الإنزيمات الهاضمة كالتريبسين والكيموتريبسين والكربوكسيبتيداز والإلاستاز والتى تنشطها خملات الأمعاء (فيتحول التريبسينوچين إلى تريبسين بواسطة الأنتروكيناز من مخاطية الأمعاء ، وينشط التريبسين بالتالى الإنزيمات البنكرياسية غير النشطة الأخرى) حسب نوع السمك ، فنشاط تريبسين بنكرياس الكراكى ٨ مرات أنشط منه فى أسماك المبروك . وكربوكسيبتيداز السمك يربط بالكويلت أكثرمن ارتباطه بالزنك خلافا لما هو فى الثدييات . ويعتبر أميلاز البنكرياس والأمعاء أكثر أهمية عن أميلاز المعدة فى هضم الكربوهيدرات فى البلطى (وآكلات النباتات من الأسماك) . ويبلغ نشاط أميلاز بنكرياس المبروك ١٠٠٠ مرة قدر نشاطة فى أسماك الكراكى أو ٤٠٠ ألف مره قدر نشاطة فى التراوت . والكيتيناز يوجد فى إفراز بنكرياس ومعدة الأسماك المفذاة على الحشرات أو القشريات ، وهو لازم لتكسير الكيتين ، وقد تنتجه كذلك بكتيريا الأمعاء . والبنكرياس (وإن غاب من بعض الأسماك) يعتبر أهم مصادر الليبازات (استرازات) وإن وجدت الليباز فى الأمعاء والصفراء . وفى آكلات الصخور إنزيم كربونيل انهيدراز لهضم كربونات الكالسيوم . وفى بعض الأسماك العظمية تحتوى الصفراء على إنزيمات تريبسين وليباز وأميلاز وغيرها ، وتمتص الأسماك (كما فى الثدييات) جزءا كبيرا من أملاح الصفراء من الأمعاء إلى الدم لتعود لحد كبير إلى الكبد .

وإنزيمات الأمعاء Intestinal enzymes تشمل الأمينوببتيداز وثنائى وثلاثى ببتيداز (إيريبسين erepsin) ونيوكلوسيداز وعديد النيوكلوتيداز وليسيثيناز وليباز واميلاز ومالتاز وايزو مالتاز وسكراز ولاكتاز وتريهالاز ولامينارييناز .

وقد تحتوى بعض أنواع الأسماك على بكتيريا فى الأمعاء تقوم بهدم الغذاء ، وكذلك بكتيريا تمثل النيتروچين (كما فى البورى) مما يفسر إمكانية استفادة بعض الأسماك من يوريا الغذاء ، كما توجد بكتيريا محللة للكيتين وأخرى تحلل السليلوز ، وتعد البكتيريا وغيرها من الكائنات الدقيقة مكونا غذائيا هاما للأسماك آكلة الفتات كالبورى وتفرز أمعاء الأسماك العظمية هرمون السكريتين Secretin الذى يعيق إفراز المعدة لعصيرها أى يضاد عمل هرمون الجاسترين Gastrin ، والسكريتين ينظم عمل البنكرياس كذلك .

فتقوم الأميلاز والمالتاز والأنفرتاز والبيتاجلوكوزيداز وغيرها من الكربوكسيهيدرازات بهضم الكربوهيدرات إلى سكرسداسى وخماسى ، وتقوم البروتيازات والببتيدازات بتحليل البروتينات إلى الببتيدات والأحماض الأمينية ، وتتحلل الدهون بفعل الليبازات إلى جليسريدات ثنائية وأحادية وجليسرول وأحماض دهنية . أى تتكسر المغذيات الأساسية إلى أحجار بنائها الأولية الأصغر فى وزنها الجزيئى بفعل عصائر وإفرازات المعدة والبنكرياس والأمعاء (والصفراء) ليسهل امتصاصها فى الأمعاء (وقد يبدأ الامتصاص فى المعده إذ يمتص الدهن مباشرة كجليسرولات ثلاثية الأسيل فى بعض الأسماك (كالقرش والسالمون) من المنطقة البوابية للمعدة أو الأعاور البوابية إلى الليمف وكذلك قد يمتص البروتين جزئيا في معدة أسماك القرش) أساسا بواسطة الانتشار Diffusion والنقل النشط Active transport إلى الدم إذ قد لاتنتقل الدهون فى الأسماك عن طريق الليمف وعليه قد لاتكون كيلو ميكرونات Chylomicrons فى الدم كما فى الثدييات .

وتقدر معاملات الهضم فى تجارب هضم مباشرة كما سبق الإشارة إلى طرقها (فى طرق الغذاء وإخراجه) ، وإن كانت هناك مشاكل فى تقدير ذلك فى السمك ، نظرا لضرورة فصل نواتج إخراج السمك من كميات مياه هائلة ، إضافة إلى صغر حجم السمك وانخفاض تركيز المخلفات ، مما يتطلب طرق دقيقة خاصة ، علاوة على تغيير قيم الهضم بتغيير درجة حرارة الماء (التى تغير من درجة حرارة جسم السمك) ، كما تخرج الأسماك فضلات جسمية عن طريق البول والخياشيم . لذلك فكل طريقة لها مزاياها وعيوبها ، فقد يمكن فصل المخلفات الصلبة من الماء بالترسيب أو الترشيح ، بافتراض أن المادة غير الذائبة هى الغذاء غير المهضوم بينما المخلفات الذائبة هى من الخياشيم والبول . وقد يستخدم مرقم Marker غير قابل للهضم كأسيد الكروميك فى الغذاء ، ومشكلته فى الحصول على عينة ممثلة من الروث وتحليل هذا القدر الضئيل . بينما جمع المخلفات من البول والخياشيم يلزمه غرفة ميتابوليزم ، ومشاكلها أن السمك فيها يكون محبوسا ومكبل الحركة ، إلا أن ميزتها أنها تمكن من الجمع الكمى للروث وإخراجات البول والخياشيم وذلك عن طريق الوصلات الخاصة بالجهاز ، وبتقدير الطاقة والتحليل الكيماوى للإخراجات المختلفة وللغذاء يمكن تقدير معاملات الهضم والطاقة الميتابوليزمية .



نظام تجريبى لدراسة معاملات الهضم فى الأسماك

A مدخل الماء

B ماء زايد (بالوعة)

C مصيدة لحجز الروث وفضلات الغذاء

D صمام تحكم حرارى

E مضخة دوران المياه / نظام تهوي

F دخول هواء لتهوية الماء

G شبكة لمنع هروب السمك

H نظام بديل لجمع الروث وفضلات الغذاء الصلبة على سلك دقيق معلق

فيكون معامل الهضم مساويا :

$$\frac{\text{المستهلك} - \text{الخارج فى الروث}}{\text{المستهلك}} \times ١٠٠$$

بالنسبة لكل مغذ من المغذيات

وعند استخدام المرقمات يكون معامل الهضم للبروتين مساويا :

$$١٠٠ - [\ \frac{\text{٪ للمرقم فى الغذاء}}{\text{٪ للمرقم فى الروث}} \times \frac{\text{٪ للبروتين فى الروث}}{\text{٪ للبروتين فى الغذاء}} \times ١٠٠\ ]$$

والمرقمات منها ما هو داخلى فى نفس تركيب الغذاء (كالسليكا واللجنين وغيرها) أو خارجى يضاف إلى العليقة (كالبولى إثيلين والكارمين وأكسيد الكروم ومواليبدات أمونيوم ورماد مقاوم للتحلل ومواد عضوية مقاومة للتحلل وأكسيد تيتانيوم وعناصر معدنية ومسحوق حديد معدنى وغيرها) بنسبة ٢٪ ، وينبغى فيها أن تكون عديمة الهضم وتخرج بنفس معدل خروج محتويات الجهاز الهضمى الأخرى وأن تكون سهلة التقدير كميا ، وألا تؤثر على تذوق الغذاء .

ومعامل الهضم الكلى باستخدام المرقمات يساوى :

$$١٠٠ - (\ \frac{\text{٪ للمرقم فى الغذاء}}{\text{٪ للمرقم فى الروث}} \times ١٠٠\ )$$

وباستخدام المرقمات يمكن دراسة عدد كبير من السمك الذى يأكل بحريته ولا نحتاج لتقدير كمى للغذاء المستهلك والروث الخارجى . ويتم جمع الروث من الأحواض بشبكة غطس دقيقة أو بطريقة السيفون أو بعمود الترشيح أو عمود الترسيب أو بفرابيل ترشيح تتحرك ميكانيكيا ، أو بإزالة العلف غير المأكول قبل جمع الروث ، أو أن تأكل الأسماك فى حوض وتنقل للتبرز فى حوض آخر . والمشكلة الأساسية فى ذوبان المغذيات من الروث مما يؤدى إلى تقدير مضلل (عال عن الواقع) لمعامل الهضم . وفى الأحواض الصغيرة يحدث تلوث بمركبات الأزوت الخارجة من الخياشيم ومع البول ، لذا ينصح بجمع الروث فى خلال دقيقتين من إخراجه مع تفادى تكسيره ، أو أن يحصل عليه قبل إخراجه ، سواء بقتل السمك وإفراغ الأمعاء أو من السمك الحى بالضغط على تجويفه البطنى ليخرج الروث دون اختلاط بالماء وفقد بعض محتواه من المغذيات إلا أن ذلك قد يؤدى إلى جمع غذاء لم يكتمل هضمه مما يؤدى إلى خفض معاملات الهضم ، وكذلك الاختلاط بسوائل الجسم أو طلائية الأمعاء . والأفضل هو سحب الروث من الإست ، وفى كل الحالات اليدوية ضغوط على السمك لايمكن تلافيها ، وأعلى معاملات هضم يتحصل عليها بجمع الروث بشبكة وأقلها من الروث المجموع بالضغط على البطن .

ولقد اتضح أن الطاقة الميتابوليزمية فى السمك تفوق قيمتها فى الدواجن والثدييات خاصة للمواد الغنية بالبروتين ، إذ أن ناتج ميتابوليزم البروتين أساسا هو الأمونيا التى تخرج من الخياشيم وهى عملية

ليست مستهلكة للطاقة بل إن معظم تفاعلاتها تنتج طاقة ، عكس ما فى الدواجن إذ تتحول الأمونيا إلى مركب أقل سمية هو حمض اليوريك متطلبا طاقة أكبر مما تتطلبة الثدييات لتحويل الأمونيا إلى يوريا ، وتخرج اليوريا وحمض اليوريك عن طريق الكلى . لذلك فالطاقة الفسيولوجية أو الميتابوليزمية للمغذيات المختلفة فى التراوت حسبت وقدرت على أنها ٥ ، ٤ ، ٩ كيلو كالورى / جم بروتين أو كربوهيدرات أو دهون مهضومة على الترتيب .

والأسماك آكلة اللحوم أو الفتات قناتها الهضمية قصيرة ولاتهضم المواد الليفية جيدا ، فزيادة الألياف تتداخل مع هضم وامتصاص المغذيات الأخرى . وهضم الكربوهيدرات يتوقف على تعقيد جزيئاتها ، فالسكريات البسيطة تهضم وتمتص بسرعة ، بينم الدكسترين والنشا المطبوخ متوسط الهضم ، والنشا الخام فقير الاستفادة منه ، ولذا فالحرارة فى أثناء تصنيع العلف المحبب ربما تكون مفيدة للنشا فى الأعلاف النباتية . ووجود المثبطات فى الأعلاف النباتية تمنع نشاط الإنزيمات كما فى حالة مثبط التريسين فى الطحالب الخضراء الخيطية Chaetomorpha brachygona وزيادة كمية المادة غير العضوية فى الفتات detritus لاتمد السمك بطاقة بل تخفض من كفاءة الهضم . ولكل معوقات الهضم هذه تتوام الأسماك من خلال تواجد ثنايا طرفية فى المرىء تزيد مسطح الهضم فى المرىء (لوجود نشاط ماضم للبروتينات فى المرىء) ، أو تتطور أسنان بلعومية فتكسر جدر الخلايا النباتية وتنساب مكوناتها السيتوبلازمية فيزيد الهضم المرينى ، أو أن تزيد حموضة المعدة ونشاط الأميلاز فى أجزاء القناة الهضمية كلها ، أو تزيد الغدد المخاطية بما يزيد نشاط الهضم ، أو يزيد نشاط الإنزيمات الهاضمة للبروتين فى الأمعاء . وأكثر من ذلك فإن الكائنات الحية الدقيقة المرافقة للنباتات والبكتريا المدمصة على الفتات تعد مصادر طاقة وتساعد على الهضم . وإضافة المصادر الحيوانية تحسن من هضم الجزء النباتى من الطيقة حتى فى أكلات الأعشاب والفتات لأن النباتات والفتات لاتكفى لإمداد الأسماك باحتياجاتها من الطاقة الميتابوليزمية .

وقد قدرت معاملات هضم بعض الأعلاف فى أسماك القراميط على النحو التالى :

مـــــادة العلـف	الطاقة الكلية كيلو چول / جم	معامل الهضم ٪	الطاقة المهضومة كيلو چول / جم
ريش دواجن متحلل	٢١,٤	٦٦,٦	١٤,٣
سمك مجفف مستخلص	١٩,٣	٧٠,٥	١٦,٣
لحم وعظم مجفف	١٨,٠	٨٠,٥	١٤,٥
كسب قطن مستخلص	١٩,٠	٥٦,٢	١٠,٧
كسب صويا مستخلص	١٩,١	٥٦,٤	١٠,٨
ذرة صفراء	١٧,٧	٢٦,١	٤,٦١
ذرة صفراء مطبوخة جافة	١٨,١	٥٨,٥	١٠,٦
حبوب قمح	١٧,٧	٤٠,٤	١٠,٧
نخالة قمح	١٨,٤	٥٦,٢	١٠,٤
برسيم حجازى مجفف	١٧,٧	١٥,٧	٢,٧٧
مخلوط ٤٠ ٪ فول صويا مستخلص + ١٠ ٪ سمك مجفف	١٨,٥	٦٧,٨	١٢,٥

وبزيادة مستوى التغذية تنخفض معادلات الهضم وكذلك الاستفادة الغذائية لانخفاض الميتابوليزم والطاقة الممثلة . كما تتأثر معاملات الهضم بدرجة طحن (حجم جزئيات) العلف إذ تقل بزيادة الخشونة للعلف فتقل كذلك الطاقة الصافية من العليقة .

وإذا كانت المغذيات الأساسية تمتص فى الأمعاء بعد تحللها لأحجار بنائها الأولية ، فالدهون تشذ عن ذلك فى بعض الأسماك خاصة الأسماك البحرية إذ تمتص فيها الجليسرولات ثلاثية الأسيل وتخزن فى الأنسجة الدهنية بعمليات لاتشمل التحلل للرابطة الأسيلية الدهنية عند الموقع (٢) من الجليسرولات ثلاثية الأسيل ، وإن كان على الأقل فى بعض الأسماك (القد والتراوت) تتكسر كل الروابط الأستيرية فى الجليسرولات ثلاثية الأسيل للغذاء ويعاد تشكيلها فيما بين خمائل الأمعاء والكبد .

ومن التجارب الغذائية على السمك يمكن تقييم عملية التغذية والغذاء واستجابة السمك لذلك من خلال مقاييس (اصطلاحات) نذكر منها :

١ - كفاءة الامتصاص أى نسبة الطاقة الممتصة من الغذاء (معامل الهضم بالنسبة للحيوانات الأخرى)

$$= \frac{\text{طاقة العلف المأكول} - \text{طاقة الروث}}{\text{طاقة العلف المأكول}} \times ١٠٠$$

وقد بلغت هذه النسبة حوالى ٨٠ ٪ فى آكلات اللحوم وحوالى ٥٧ ٪ فى آكلات العشب .

٢ - الاستفادة الغذائية (التحويل الغذائى) Feed conversion (Utilization)

$$= \frac{\text{الغذاء المستهلك (جم)}}{\text{الزيادة فى وزن الجسم (جم)}}$$

وفى حالة الأحواض الطبيعية يصعب تحديد معدل التحويل المطلق (ناتج قسمة كمية الغذاء الموزع على الزيادة فى النمو المتحصل عليها من هذا الغذاء فقط) فيحسب عادة معدل التحويل الغذائى النسبى Relative food conversion rate كناتج قسمة كمية الغذاء الموزع (الصناعى) على الإنتاج الكلى (من التغذية الطبيعية والتسميد والغذاء الصناعى) . ويعتمد معدل التحويل الغذائى على الغذاء الموزع وكثافة تخزين السمك والوزن الفردى وعمر السمك وحالته الصحية ودرجة حرارة الماء وطريقة التغذية من كمية وتكرار التوزيع .

وقدرت قيم التحويل الغذائى للأغذية المكملة للبلطى على النحو التالى :

الغـــــــــذاء	معامل التحويل (غذاء / وزن سمك)
كسب	٣ - ٥
أوراق	١٥ - ٢٠
شرائح أرز	٨
أعلاف مركزه	٥
حبوب	٥
موز	٢٥
كاسافا	١٣
حشائش نابير	٤٨
مخلفات صناعة البيرة	١٢,٦
كسب قطن	٤,٨
كسر بذور قطن	١٨,٩
كسب فول سودانى	٣,٦

ومبروك الحشائش يحول ٦٠ - ٧٠ كجم أوراق إلى ١ كجم نمو ، فنقص الاستفادة من المواد النباتية يرجع إلى الزيادة النسبية فى المادة غير المهضومة فى النباتات غير المصنعة وجزئيا إلى انخفاض تركيز الأحماض الأمينية فى البروتين النباتى . ومعدل التحويل الغذائى فى المبروك تحت ظروف الإنتاج المكثف جدا بالتغذية على العلف المحبب ٣,١ - ٤,٢ وعلى السور جم ٤,٩ - ٨,٥ وفى المزارع المكثفة مختلطة الأنواع على العلف المحبب ٢,٤٦ وعلى السور جم ٣,٢٢ .

٣ - الكفاءة الغذائية Feed efficiency

$$= \frac{\text{الزيادة فى وزن الجسم (جم)}}{\text{الغذاء المستهلك (جم)}}$$

ويؤثر حجم السمك على الكفاءة الغذائية للاختلافات فى نسبة مساحة سطح الجسم إلى وزن السمك باختلاف الحجوم ، فتكون الأسماك الأكبر حجما أقل كفاءة غذئية عن الأحجام الأصغر عندما تكون الزيادة اليومية فى وزن الجسم واحدة للحجوم المختلفة ، كما تقل الكفاءة الغذائية بزيادة كثافة تخزين السمك إذ تؤدى إلى نقص النمو .

٤ - معدل كفاءة البروتين Protein efficiency ratio

$$= \frac{\text{الزيادة فى وزن الجسم (جم)}}{\text{البروتين المستهلك (جم)}}$$

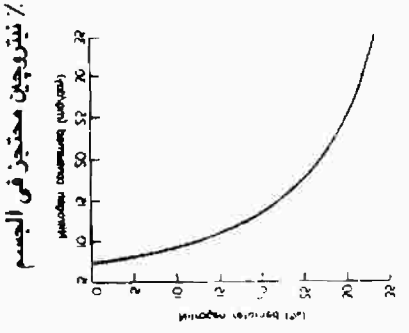
وتشير إلى كفاءة الاستفادة من البروتين الغذائى والتى تتاثر بحجم السمك ونوعه وتركيب العليقة من الطاقة والبروتين ومصدر البروتين وكميته ومعامل هضمة إضافة إلى ظروف البيئة وحالة السمك الفسيولوجية

٥ - القيمة الإنتاجية للبروتين Protein productive value

$$= \frac{\text{إجمالى بروتين جسم السمك فى نهاية تجربة نمو - بروتين جسم السمك فى بداية التجربة}}{\text{البروتين المستهلك فى التغذية فى مرحلة التجربة}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{\text{البروتين المخزن فى الجسم}}{\text{البروتين المستهلك}} \times ١٠٠$$

وتقل كفادة الاستفادة من البروتين للنمو بزيادة استهلاك البروتين فى الغذاء كما يوضح ذلك الرسم البيانى التالى :



نيتروجين مستهلك فى الغذاء (مجم / يوم)

علاقة كفاءة الاستفادة من البروتين في النمو باستهلاك البروتين

فهناك حد معين بعده لايستطيع جسم السمك الاستفادة من كل بروتين العليقة فى النمو فتخزن الزيادة فى صورة دهن أو تستخدم كمصدر طاقة . ولما كانت الأسماك تأكل لإشباع احتياجاتها من الطاقة الميتابوليزمية ، فإن زيادة البروتين تعتبر فاقدا ، فمن المهم اتزان الطاقة مع البروتين لتعظيم إمداد البروتين اللازم للنمو .

٦ - كفاءة الطاقة Energy efficiency أو كفاءة الإنتاج الكلى Gross Production Efficiency أو كفاءة النمو الصافية

$$= \frac{\text{محتوى جسم السمك من الطاقة فى نهاية تجربة نمو - محتوى السمك من الطاقة فى بداية التجربة}}{\text{الطاقة المستهلكة فى الغذاء فى مرحلة التجربة}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{\text{الطاقة المخزن فى الجسم}}{\text{الطاقة المستهلكة}} \times ١٠٠$$

وكفاءة الإنتاج الصافى Net Production Efficiency عباره عن الطاقة المخزنة / (الطاقة المستهلكة - طاقة الروث) × ١٠٠ (وتشير إلى الكفاءة التحويلية للغذاء فى الحيوانات الأخرى) . وتقدر الطاقة المخزنة أو الإنتاجية فى صورة قياس الطاقة بالحرق المباشر فى مسعر حرارى أو بالحساب غير المباشر بضرب محتوى السمك من البروتين والدهن والكربوهيدرات فى حرارة احتراقها الكامل أى ٢٠,٠٨ ، ٣٩,٥٤ ، ١٧,١٥ على الترتيب وجمعها لتعبر عن محتوى طاقة السمك بالكيلو جول / جم (أو فى ٤,٨٠ ، ٩,٤٥ ، ٤,١٠ على الترتيب ككيلو كالورى / جم) كطاقة صافية ، أو نمو فى صورة طاقة محتجزة فى كتلة الجسم على أساس الوزن الجاف خالى الرماد .

٧ - النمو اليومى (متوسط) Average daily gain

$$= \frac{\text{متوسط وزن الجسم فى نهاية التجربة - متوسط وزن الجسم فى بداية التجربة}}{\text{مدة التجربة باليوم}}$$

٨ - معدل النمو النوعى (٪ / يوم) Specific growth rate

$$= \frac{\text{لوغاريتم الوزن النهائى - لوغاريتم الوزن الأولى}}{\text{مدة التجربة باليوم}} \times ١٠٠$$

إذ أن الاختلافات فى أداء النمو بين الأسماك ترجع لدرجة كبيرة للاختلافات النوعية فى خواص القناة الهضمية أى لكفاءة هضم وتمثيل الغذاء .

وعموما فإنه بزيادة القيمة الحيوية لبروتين الغذاء يزيد معدل استفادة السمك من البروتين ، ويقل المفقود منه فى صورة طاقة ، كما يوضح ذلك الجدول التالى (قيمة محسوبة لكل ١٠٠ مجم أزوت ممتص / يوم / ١٠٠ جم وزن جسم)

القيمة الحيوية لبروتين الغذاء ٪	الاستفادة من الأزوت الممتص		
	النمـــــو	فقد طاقة	حفـــظ
٨٠	٥٩	٢٩	١٢
٧٠	٤٩	٣٩	١٢
٦٠	٣٩	٤٩	١٢
٥٠	٢٩	٥٩	١٢
٤٠	١٩	٦٩	١٢
٣٠	٩	٧٩	١٢

وقد قدرت القيمة الحيوية لبعض البروتينات فى أسماك المبروك كالتالى :

صفار البيض الجاف ٨٩ ٪ كازين ٨٠ ٪ ، مسحوق سمك أبيض ٧٦ ٪ جنين قمح ٧٨ ٪ ،

مسحوق فول صويا ٧٤ ٪ ، خميرة بترول ٧٣ – ٧٩ ٪ ، مسحوق جلوتين ذرة ٥٥ ٪ .

ورغم عدم انخفاض القيمة البيولوجية للبروتينات النباتية كثيرا عنها للبروتينات الحيوانية ، إلا أن البروتين النباتى أقل تمثيلا Assimilation عن البروتين الحيوانى ، فالبروتين النباتى أقل فى كفاءته فى النمو لنقص أحماضه الأمينية كالمثيونين والليسين والسيستين ولاحتوائه على كربوهيدرات غير مهضومة فتقلل من كفاءة هضم وامتصاص البروتين . وتؤدى إضافة الكربوهيدرات مع الدهون إلى زيادة كفاءة الاستفادة من البروتين ، وقد لاتستفيد بعض الأسماك (كالبلطى والمبروك الفضى) من ارتفاع بروتين العلف المضغوط Pellets لأنها تتغذى أساسا طبيعيا حتى مع زيادة كثافتها فى الأحواض ، ورغم ذلك يستخدم العلف المحبب تحت ظروف خاصة لمزارع البلطى لزيادة معدل إنتاجها .

ميتابوليزم الطاقة Energy Metabolism :

ليس كل الغذاء قابلا للهضم أو التمثيل الغذائى ، إذ يفقد جزء من طاقة الغذاء فى الجزء غير المهضوم وغير الممثل (١٥ – ٢٠ ٪) ، أى أن جزءا من طاقة الغذاء فقط هو المتاح للنمو وليست كل طاقة الغذاء . وقبل النمو تغطى الأسماك احتياجاتها للتمثيل الأساسى (القاعدى – القياسى) والسباحة والنشاط الحركى النوعى (SDA) Specific Dynamic Activity كالطاقة اللازمة فى نزع مجاميع الأمين Deamination من الأحماض الأمينية والطاقة المستهلكة فى الهضم والتمثيل .

ولقد درست ميزانية الطاقة Energy Budget أو Bioenergetics فى الأسماك أى علاقة طاقة الغذاء (وتجزيئها) بالطاقة المنصرفة متضمنة بعض المفاهيم كالطاقة الفسيولوجية النافعة Physiological useful energy وطاقة أكسدة الغذاء فى أثناء الميتابوليزم (كطبيعة كيماوية طبيعية Stoichiometric Nature) ، والتى يمكن أن تؤدى إلى تقدير كمية الطاقة المتحررة فى أثناء هذه الأكسدة

بقياس استهلاك الأوكسجين تحت ظروف مختلفة من درجة حرارة وأوكسجين واستفادة غذائية ونشاط وخلافه . لذا اقترح عديد من نماذج العلاقات للطاقة المتزنة والتي تحتوى مكونات الميتابوليزم المختلفة ، وأساسها جميعا أن الطاقة المأكولة (I) أو المستهلكة ينبغي أن تتحول إلى شكل أو آخر كنتيجة للميتابوليزم (M) والنمو (G) والإخراج (E) وعليه تكون المعادلة :

$$I = M + G + E$$

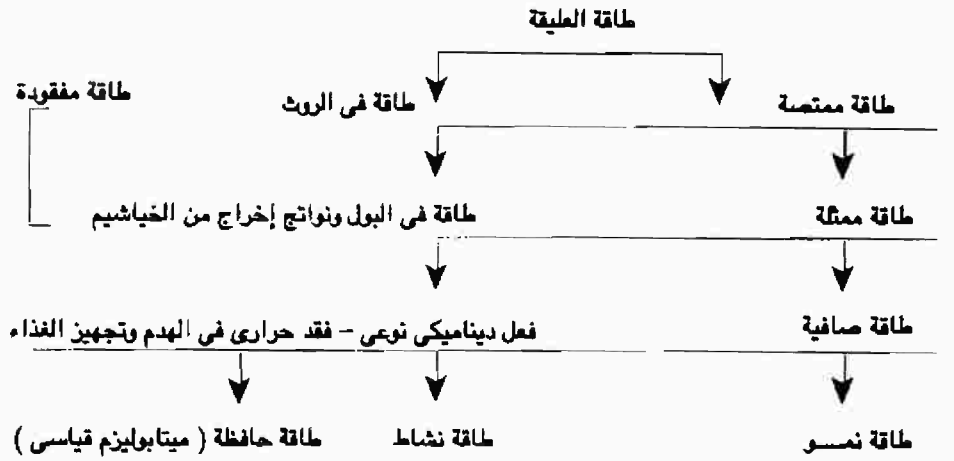
وتخضع عناصر ميزانية الطاقة للتحكم الإنزيمي والهرموني والجيني ، وعليه فميزانية الطاقة حساسة للانتخاب الطبيعي . وتتضمن طاقة الميتابوليزم كل من طاقة معدل الميتابوليزم القياسي Standard Metabolism (الطاقة المكافئة لما يفرز في ميتابوليزم السمك غير المغذى أى فى طور صيام وراحة) أوميتابوليزم الراحة ، والميتابوليزم الروتيني (عوم وأنشطة أخرى) ، وميتابوليزم التغذية (طاقة متطلبة للهضم وحركة الجهاز الهضمي وتخزين الغذاء) . بينما النمو ينقسم إلى نمو جسمى وإنتاج الجاميطات (جنسى) فالتناسل يتطلب طاقة ، سواء في إنتاج الجاميطات أو في تطور مظاهر الجنس الثانوية من لون وصفات ظاهرية وإفراز الفيرومونات Pheromones والمخاط اللازم للصق البيض أو بناء العش والهجرة للتناسل والدفاع عن البيض ورعايته ، فكل ذلك يطلب طاقة ، وزيادة الطاقة المتطلبة للتناسل تكون على حساب وفرة الطاقة اللازمة لحفظ الجسم ونموه ، إذ هناك من الأسماك مايضع فى كل موسم تكاثر ٢ – ٣ مرات قدر وزن جسمه بيضا ، والبيض الجاف (المبيض) أو الخصى يحتوى فى المتوسط حوالى ٢٣ كيلو جول / جم (لعديد من أنواع الأسماك العظمية) . وقد يكون النمو (كطاقة) بالسالب أى فقد فى محتوى الطاقة وليس تخزينها وعليه تكون ميزانية الطاقة فى هذه الحالة (كما فى الصيام وسوء التغذية) : طاقة الطيقة + الطاقة المفقودة من الأنسجة = طاقة النشاط الميتابوليزمي + طاقة الأزوت + طاقة الروث . بينما الإخراج يتضمن طاقة الروث (١٥ ٪ تقريبا من الطاقة المستهلكة يوميا) واليوريا والأمونيا والمخاط وخلايا البشرة المنسلخة (وتشكل ٣ – ٥ ٪ من الطاقة المستهلكة) . أى أن حوالى ٨٠ ٪ من الطاقة اليومية المستهلكة قابلة للاستخدام فى النمو والميتابوليزم ، ويطلق عليها الطاقة النافعة فسيولوجيا . وإن كان الأفضل وضع طاقة المخاط وخلايا البشرة تحت طاقة النمو وليس الإخراج ، وذلك كما فى إنتاج الجاميطات التى تعتبر صورة من صور الإخراج ، إلا أنها وضعت مع منتجات النمو . وعليه فإن استهلاك الغذاء (طاقة) يحول إلى طاقة بناء (A) وطاقة هدم (C) ، إضافة إلى الروث (F) كعلاقة تحكمها قوانين الديناميكا الحرارية ، إذ أن :

$$I = A + C + F$$

$$I - F = A + C \qquad \text{أو}$$

$$A + C = M \qquad \text{أى}$$

والبناء يشمل النمو الجسمى والجنسى (مناسل) ومنتجات الأنسجة المفقودة من سطح الجسم ، بينما الهدم يشمل الميتابوليزم القياسى والفعل الديناميكى النوعى والنشاط الطبيعى وتعويض الأنسجة والأزوت الخارج . ويصور الرسم التالى منافذ طاقة الغذاء الماكول فى الأسماك (ميزانية الطاقة) :



ولقد وجد بوجه عام فى الأسماك الصغيرة أنه تتوزع النسب المئوية لمكونات ميزانية الطاقة فى أكلات اللحوم وأكلات العشب على النحو التالى :

مكونات ميزانية الطاقة	أكلات لحوم	أكلات عشب
طاقة الغذاء	١٠٠	١٠٠
طاقة الروث	٢٠	٤١
(طاقة ممتصة)	(٨٠)	(٥٩)
طاقة البول	٧	٢
(طاقة ميتابوليزمية)	(٧٣)	(٥٧)
طاقة النشاط (تنفس)	٤٤	٣٧
طاقة النمو	٢٩	٢٠

ومنها يتضح فقر تحويل الغذاء فى أكلات العشب لارتفاع الجزء غير المهضوم ، وارتفاع نسبة الفقد فى النشاط الميتابوليزمى فى كلا المجموعتين من الأسماك .

وإذا كان البناء Anabolism أو النمو يمكن تقدير طاقته بالحرق فى مسعر أو حسابيا من محتوى الجسم من المغذيات المختلفة (بروتين وكربوهيدرات ودهون) ، فطاقة الهدم Catabolism فى صور الإخراج Excretion المختلفة يمكن تقديرها بجمع البول بالقسطرة Catheterization لتقدير طاقته الحرارية أو بتقدير الأمونيا بالكترود الأمونيا (٣٤٧,٩ كيلو جول / مول أى ٢٠,٥ جول / مجم) أو لونيا (أزرق الأندوفينول) وكذلك يجمع الروث لنفس الغرض ، وفى ذلك قد تستخدم غرف التنفس Respirometer لحساب اختبارات الطاقة وميزانها . أما الأشكال التنفسية فى الهدم الميتابوليزمى فتشمل الميتابوليزم القياسى والنشط والروتينى والفعل الديناميكى النوعى ، فبالنسبة للميتابوليزم القياسى يعنى للسمك معدل استخدام الطاقة ويحسب من استهلاك الأوكسجين على درجة حرارة معينة فى وحدة الزمن والحيوان فى حالة سكون وفى مرحلة مابعد الامتصاص لعدم التأثر بالفعل الديناميكى النوعى للغذاء ، ففى هذه الحالة يستفيد الحيوان من الغذاء المدخر أى حالة هدم قياسية ، وفى السمك قد تستخدم غرف تنفس ونشاط Respiration / Activity chambers لوجود علاقة مابين النشاط واستهلاك الأوكسجين المستهلك عندما يكون النشاط مساويا للصفر . أما معدل الميتابوليزم النشط Active Metabolic Rate فيقدر فى أثناء سباحة السمك ضد تيار ماء مقدر سرعته وذلك فى أجهزة تنفس . أما الفعل الديناميكى النوعى فيرجع معظمه لميتابوليزم البروتين وبعضه للدهون والكربوهيدرات ويبلغ حوالى ١٤ ٪ من القيمة الحرارية للغذاء المأكول أو ١٧ ٪ من الطاقة الميتابوليزمية ، أى أن الفعل الديناميكى النوعى مكون هام فى ميزانية طاقة التنفس خاصة فى حالة ارتفاع درجة الحرارة (لزيادة المستهلك من الغذاء) وبروتين العليقة ، ويقدر بقياس الزيادة فى استهلاك الأوكسجين عقب التغذية (١ مجم أوكسجين = ١٣,٦ جول) .

ويعبر الفعل الديناميكى النوعى (ميتابوليزم التغذية) عن الطاقة المستخدمة فى أثناء الميتابوليزم وتحويل الغذاء لجزيئات أصغر سواء بالهضم للغذاء أو من الأنسجة والخلايا والأعضاء ، ونزع مجاميع الأمين من البروتينات وتخليق نواتج الإخراج ، الأزوتية إلى غير ذلك من عمليات النقل النشطة ، وكل هذه الاحتياجات لاتستمد من الغذاء المهضوم والممتص لكن من مخزون الجسم المتاح ، ويتوقف قدرة على كمية ونوع الغذاء ، وقد يطلق عليه التأثير الحرارى للغذاء أو إنتاج الغذاء من الحرارة Heat imcrement (production) of food .

وقد يستخدم رسم القلب الكهربائى Electrocardiogram أو رسم العضلات الكهربائى Electromyogram للدلالة على استهلاك الأوكسجين الذى يرتبط بنشاط السمك (ضربات القلب أو انقباضات العضلات) . والميتابوليزم الروتينى Routine metabolism يعبر عن معدل الميتابوليزم فى أثناء النشاط العادى . ومشكلة الميتابوليزم الروتينى والميتابوليزم النشط أنهما يعتمدان على تقديرات معملية تختلف كثيرا عن الظروف الحقلية سواء من حيث نوع الغذاء ودرجة الحرارة ووجود الكائنات الأخرى والظروف غير الطبيعية فى الأجهزة المستخدمة . وتتوقف الاحتياجات الحافظة من الطاقة الميتابوليزمية على درجة حرارة الماء وحالة السمك ونوعه ووزنه ونشاطه وجودة العليقة والتركيب الكيماوى للسمك ، وإذا لم تتعد

نسبة الطاقة الميتابوليزمية المتطلبة للحفظ عن الطاقة الميتابوليزمية المتحصل عليها عن ٢٠ ٪ فإنه يمكن الحصول على نمو عال . فالنمو عبارة عن طاقة الغذاء المحتجزة فى الجسم . والعلاقة قوية بين النمو والميتابوليزم والغذاء فلو توفرت بيانات عن معدل الميتابوليزم فإنه يمكن تقدير معدل النمو ومعدل استهلاك الغذاء . وعموما فإن استفادة السمك من طاقة مختلف المصادر الغذائية متباينة كثيرا بتباين أنواع الأسماك وظروفه البيئية والفسيولوجية ، وعليه فلا توجد جداول بقيم الطاقة المستفادة من مكونات العلف للأسماك .

النسبة التنفسية Respiratory Quotient (RQ) :

وهى خارج قسمة ثانى أوكسيد الكربون الناتج من التنفس على الأوكسچين المستهلك فى التنفس ، وقيمتها ١,٠ ، ٠,٧١ ، ٠,٩٦ للكربوهيدرات والدهون والبروتين على الترتيب .

وهى صعبة التقدير فى الأسماك لصعوبة أستمرار قياس الأوكسچين الذائب ، إلاأنها تعطى مؤشرات عن التركيب الكيموحيوى للمواد المنتجة للطاقة الممثلة فى الحيوان ، أى أنها مرتبطة بكميات الطاقة المتحررة فى أثناء الأكسدة .وقد وجد أن الأسماك تتشابه مع الحيوانات الثديية فى قيم الحرارة الناتجة من أكسدة كل من الكربوهيدرات (٢١,٠٩ كيلو جول / لتر أوكسچين) والدهون (١٩,٦٢ كيلو چول / لتر أوكسچين) بينما قيم البروتين (١٩,١٦ كيلو چول / لتر أوكسچين) أقل قليلا مما هو للثدييات (٢٠,١٧ كيلو چول / لتر أوكسچين) أى ١٤,٧٦ ، ١٣,٧٢ ، ١٣,٣٦ كيلو چول / جم أوكسچين فى حالة الكربوهيدرات والدهون والبروتينات على الترتيب ، وقد يستخدم مكافىء طاقة عام مفترض (لعدم معرفة المادة الماكسدة) ١٣,٥٥ چول / مجم أوكسچين . وتقدر النسبة التنفسية فى أجهزة التنفس Respirometers وتفيد فى معرفة تركيب المواد الميتابوليزمية الناتجة وتحسب طاقتها ، وإن تباينت قيم النسبة التنفسية كثيرا بين الأسماك على أى مستوى ميتابوليزم مما يؤدى إلى تشويش confusing معلومات ميتابوليزم السمك المحسوبة على أساس النسبة التنفسية .

وعموما فقد وجد ارتباط شديد بين معدل الميتابوليزم (استهلاك الأوكسچين) ومعدل بناء البروتين ، فهناك علاقة بين استهلاك الأوكسچين والزيادة فى الوزن الجاف والزيادة فى البروتين الجسمى .

كما يرتبط معدل استهلاك الأوكسچين بالتغذية ، إذ يزيد بعد التغذية (لارتفاع النشاط الحركى للمعدة والأمعاء ولحركة السمك) ثم يقل إلى مستوى الراحة ، وترتفع زيادة استهلاك الأوكسچين بزيادة استهلاك الغذاء خاصة بارتفاع بروتين العليقة لزيادة فترة الفعل الديناميكى النوعى . ولذلك يوصى فى حالة نقص الأوكسچين أن يخفض من مستوى التغذية وأن تقدم التغذية فى ساعات الصباح حيث تنخفض درجة الحرارة فيقل الاحتياج للأوكسچين .

ولحساب وزن الجسم الميتابوليزمى يستخدم معامل كليبر Kleiber Coefficient ٠,٧٥ لوزن الجسم بالكيلو جرام لذوات الدم الحار ، بينما فى الأسماك يتوقف على حجم السمك وحالته الغذائية وقد قدر فى عدة أنواع على أنه ٠,٨٨ .

ولقد طورت موازين التنفس أو غرف الميتابوليزم كثيرا ، ومنها مايتسع لصغار الأسماك أو للبالغ منها،

ومنها ماشكله أنبوبى دائرى أى إسطوانى أو فى شكل متوازى مستطيلات ، ومنها مايسمح بحركة السمكة ، ومنها مايجعل السمكة فى حالة راحة وثبات ، وفيها يقدر استهلاك الأوكسجين والغذاء وإخراج الأمونيا وثانى أكسيد الكربون والروث ، ومنها يتعرف على الميتابوليزم بأنواعه (الأساسى ، النشط ، الفعل الديناميكى النوعى ، النمو وموازين الطاقة والنيتروجين) .

فمن استهلاك الأوكسجين يقدر الفقد فى الجسم (بالصيام أو سوء التغذية) أو النمو وكذلك الفقد الحرارى المختلف ، والأخير يمكن تقديره كذلك بمعلومية استهلاك الأوكسجين والخارج من كل من ثانى أكسيد الكربون والأمونيا كالتالى :

إجمالى الفقد الحرارى بالجول = ١١,١٨ (استهلاك الأوكسجين مجم) + ٢,٦١ (ثانى أكسيد الكربون الناتج مجم) + ٩,٥٥ (الأمونيا الناتجة مجم)

وأيضا من استهلاك الأوكسجين يمكن تقدير الفقد فى صورة أمونيا لأن كل مجم أوكسجين يستهلك لأكسدة البروتين يصاحبه ٢,٧ جول فقد فى الأمونيا ، فلو قدر الأوكسجين المستهلك فى أكسدة البروتيد بالمليجرامات وضربت فى ٢,٧ نحصل على الطاقة المفقودة فى الأمونيا بالجول (وبقسمتها على مكافىء طاقة الأمونيا ٢٠,٥ جول نحصل على كمية الأمونيا بالمليجرامات) .

العوامل المؤثرة على احتياجات السمك من الطاقة :

مما سبق يتضح أن هناك عوامل عديدة تؤثر على الاحتياجات من الطاقة ، نوجزها فى التالى :

١ - عوامل متعلقة بالسمك : فالأسماك آكلة اللحوم لها احتياجات أعلى (من آكلة العشب) للطاقة وأسماك المياه الدافئة معدل ميتابوليزمها أعلى عنه فى أسماك المياه الباردة والأسماك الأصغر حجما (وعمرا) لها مسطح ميتابوليزمى أكبر مما فى الأسماك الأكبر مما يستلزم احتياجات للطاقة أعلى لارتفاع معدل ميتابوليزمها عنه فى الأسماك الأكبر ، وكلما ازداد نشاط السمك تزيد احتياجاته للطاقة لزيادة معدل تنفسه ، وبالنشاط الجنسى تزداد احتياجات الطاقة .

٢ - عوامل متعلقة بالبيئة : فارتفاع درجة الحرارة يزيد من استهلاك العلف والأوكسجين لارتفاع معدل الميتابوليزم ، وارتفاع مستوى التغذية ومحتوى العليقة من البروتين يزيد من فقد الطاقة والحاجة إليها ، وأيضا وجود الضوء يبدد الطاقة فى نشاط السمك ، كما أن شدة تيارات المياه أو ركود الماء وتلوثه وخفض الأوكسجين والتلوث العضوى ، كلها صور للضغوط المؤثرة على السمك واحتياجاته للطاقة .

ولقد أمكن حساب الطاقة المهضومة والميتابوليزمية بمعلومية التحليل الكيماوى للعليقة من العلاقات التالية :

الطاقة المهضومة بالكيلو جول = ٢٤,٧ × بروتين العليقة + ٣٦,٤ × دهون العليقة + ١٦,٧ × كربوهيدرات العليقة .

الطاقة الصافية بالكيلو جول = ١١,٣ × بروتين العليقة + ٤٤,٧ × دهون العليقة + ١٢,٥ × كربوهيدرات العليقة .

تكوين علائق الأسماك :

تعد الأسماك من بين الحيوانات الأكثر كفاءة فى تحويل الغذاء إلى بروتين حيوانى، مما يجعل للأسماك مكانة هامة فى تغذية الإنسان ، خاصة وأن الأسماك احتياجاتها الحافظة ضئيلة نسبياً (لتماثل درجة حرارة أجسامها مع درجة حرارة الماء) فالتراوت يحتاج لتمثيلة الأساسى ٥٥ كليو جول / كجم وزن حى بينما الخنوص يتطلب ٢٩٣ كيلو جول / كجم وزن جسم أى أن السمك يتطلب حوالى سدس ما يتطلبه الخنزير من طاقة حافظة مما يجل السمك أكثر كفاءة غذائية .

ولتكوين علائق السمك يستلزم الأمر معرفة الاحتياجات الغذائية ، معاملات الهضم، والطاقة الميتابوليزمية لمواد العلف ، فيمكن حساب تركيبات العلائق التى تواجه احتياجات السمك من البروتين والطاقة باستخدام مواد العلف المتاحة لإنتاج علائق جيدة بأقل تكلفة ممكنة. وتستخدم فى ذلك الطرق الحسابية أو الحاسبات الآلية المبرمجة بمواد العلف المتباينة المتاحة وأسعارها وتركيبها الكيماوى ، واحتياجات السمك من المغذيات المختلفة فى العليقة.

وفى كثير من الدول الآسيوية كالهندوتايلاند والفلبين تدخل مخلفات الأرز (رجيع ، كسر ، حرمة) كأساس فى العلاقة المختلفة للأسماك فى المياة الدافئة ، ويتم إنتاجها فى صورة مكعبات بخلطها مع الماء (٦٠٪) أو طبخها ثم تكعيبها، وقد تنتجها مضارب الأرز فى صورة مساحيق ويقوم المزارع بترطيبها قبل تقديمها للأسماك ، ويفضل رجيع الكون غير المستخلص عن المستخلص حيث إنه أكثر ثباتاً فى الماء.

وفيما يلى نماذج لبعض علائق الأسماك التى تعتمد على مخلفات الأرز :

المكونات	العلائق					
	١	٢	٣	٤	٥	٦
رجيع كون	٤٩,٥	٥٤,٥	٦٠	٦٩	٧٧,٥	٧٩,٥
كسب فول سودانى	٤٨	٣٤	٢٤	–	–	–
مسحوق دم	–	–	–	–	–	١٨,٥
مسحوق سمك	–	١٠	١٥	٣٠	٢١	–
مسحوق عظام	١,٥	٠,٥	–	–	٠,٥	١
أملاح معدنية	١	١	١	١	١	١

وتوضع العلائق فى ١ – ٢ موقع / فدان من مساحة المزرعة ، وكل موقع بمساحة ١ م٢ تحت سطح الماء بحوالى ٥٠ سم ، ويعلو عن قاع الحوض بمسافة ٢٠ – ٣٠ سم ، وذلك بنسبة ٢ – ٥ ٪ من الوزن الحى حسب درجة حرارة الماء، وذلك على عدة وجبات اسبوعية .

التداخلات الغذائية Nutritional Interactions :

تتداخل المغذيات المختلفة معاً فى الوظائف الميتابوليزمية مما يستلزم توفير الاتزان الغذائى فى علائق الأسماك لمنع سوء التغذية التى قد تسببها التداخلات المضطربة مع المغذيات الأخرى . ومن العوامل المؤثرة على التداخل بين المغذيات .

١ - تركيب العليقة.

٢ - تجهيز العليقة.

٣ - عمر ونوع السمك.

٤ - العوامل البيئية .

ويمكن تقسيم هذه التداخلات الغذائية فى ميتابوليزم السمك إلى :

١ - تداخلات فيتامينات / فيتامينات.

٢ - تداخلات فيتامينات / معادن.

٣ - تداخلات معادن / معادن.

٤ - تداخلات مغذيات دقيقة / مغذيات كبيرة أو مكونات غذائية أخرى .

أولاً : تداخلات الفيتامينات مع الفيتامينات :

مثل تداخل فيتامين (B12) وحمض الفوليك ، فنقص أى منها يؤدى إلى أنيميا تكون فيها خلايا الدم شاذة منكسرة fragmented ومتجعدة wrinkled وغير ناضجة immature وتسمى هذه الحالة Indistinguishable macrocytic megaloblastic anemia . إذ يؤدى نقص فيتامين (B12) إلى خفض مستوى نشاط إنزيم تخليق الميثيونين وبالتالى نقص وظيفى للفولات . والنقص المركب فى كلا الفيتامينين فى السمك تأثيره متضاعف فى إظهار الأنيميا بسرعة وشدة. كذلك تداخل حمض الأسكوربيك وفيتامين (E) ، إذ بينهما فعل تعاونى Synergistic فى منع أكسدة الليبيدات فى الأسماك . فيمكن أن يكون لفيتامين (C) فعل ادخارى لفيتامين (E) فى الأنسجة والاحتياجات ، كما لوحظ نقص مستوى فيتامين (E) فى الأنسجة والبلازما فى حالة نقص فيتامين (C) ، إذ يعمل حمض الأسكوربيك على حماية فيتامين (E) فى الغذاء وفى أنسجة السمك . وإن نفت نتائج الأبحاث الحديثة هذا التداخل بين الفيتامينين فى القراميط والتراوت.

ثانياً : تداخلات الفيتامينات والمعادن :

ترتبط بروتينات بكل من الدى هيدروكسى كوليكالسيفيرول والكالسيوم فى خياشيم السمك مما يدعو للإشارة لوجود علاقة لهذا المشتق الفيتامينى فى امتصاص كالسيوم الماء فى السمك . ودلت الأبحاث

الحديثة على أن الأسماك تحتوى على نفس مشتقات فيتامين (D) كما فى الحيوانات الأرضية ، وأن فيتامين (D3) و ١ ، ٢٥ – دى هيدروكسى كوليكالسيفيرول تشجيع امتصاص الكالسيوم فى أسماك الثعبان والسمك ..مبى ، وأنها تزيد كالسيوم الدم عند حقنها فى السمك ، وتؤثر كذلك فى غدة Ultimobranchial (المفرزة لهرمون الكالسيتونين) وجسيمات Stannius (المفرزة لهرمون الهيبوكالسين) بما يدعو إلى خفض امتصاص الكالسيوم بواسطة الخياشيم وربما كذلك من الأمعاء . ويؤدى حقن البلطى الموزمبيقى بالدى هيدروكسى كوليكالسيفيرول إلى معدنه العظام ، كما لوحظ ضعف عضلات التراوت بنقص فيتامين (D).

وبين فيتامين (E) والسلنيوم فعل مشترك فى تغذية الأسماك ، فكلاهما يعملان على حماية الأغشية البيولوجية من أكسدة الليبيدات من خلال إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز (بفعل السلنيوم) وإزالة الأصول الحرة (بفعل فيتامين E) فى علائق التروات والقرموط . ويؤثر نوع السمك وعمره على هذا التداخل، ونظراً لارتباط احتياجات السمك من فيتامين (E) بمستوى دهن العليقة وحالته (أكسدته) ودرجة حرارة الماء ، فهذه العوامل بالتالى تؤثر على تداخل فيتامين (E) والسلنيوم فى السمك.

وبين حمض الأسكوربيك ونحاس الماء تداخل ، فقد لوحظ أن سمية نحاس الماء واحتجازه فى الأنسجة يتأثران بحمض أسكوربيك عليقة المبروك والتراوت. وهذا عكس الوضع بالنسبة لنحاس العليقة ، إذ لا يوجد أى تأثير ملموس بين حمض الأسكوربيك ونحاس العليقة سواء فى امتصاصه أو إخراجه.

ونقص حمض الأسكوربيك فى العليقة يخفض مستوى الحديد فى السيرم وكذلك يخفض من الهيموجلوبين والهيماتوكريت فى القراميط والتراوت وأسماك رأس الأفعى ، أى هناك تداخل بين فيتامين (C) وميتابوليزم الحديد فى السمك (وليس حديد الغذاء). إلا أن زيادة حديد العليقة يخفض بشدة من تركيز فيتامين (C) فى الكبد والكلى للتراوت وربما يرجع ذلك إلى تأثير الحديد على تزنخ العليقة وعدم ثبات حمض الأسكوربيك بها وليس لتداخل بين الڤيتامين والحديد مباشرة .

ثالثاً : تداخلات المعادن بالمعادن :

أ – كالسيوم – فوسفور :

يمكن لكالسيوم الماء أن يمتص بسهولة عبر طلائية الخياشيم للسمك ، فقد قدر أن كلا من المبروك والتروت يمكنها بسهولة استخلاص الكالسيوم من الماء المحتوى ٥ – ٢٠ جزء / مليون كالسيوم . وقد حسب تركيز كالسيوم العليقة بما لا يزيد عن ٢ – ١٠ ٪ من إجمالى الكالسيوم المستهلك للسمك ، وأنه عموماً يفترض سوء امتصاص كالسيوم العليقة . لذلك فمن الصعب إحداث حالة نقص كالسيوم فى السمك ، ولم تسجل أعراض نقص كالسيوم فى المبروك أو القراميط ، لذلك لا يدهش أن يلاحظ أن احتياجات الكالسيوم لكلا النوعين من السمك أقل كثيرا عن احتياجات الحيوانات المستأنسة الأخرى والتى تتراوح ما بين ٠,١ و ٠,٢٧ ٪ من العليقة

وعلى عكس الكالسيوم ، فإن معدل امتصاص فوسفور الماء ٠,٠٠١ فقط من ذلك المعدل لكالسيوم

الماء فى السمك ، علاوة على أن مستويات فوسفور الماء منخفضة جداً (أقل من ٠,٠٠٢ جزء / مليون)، وهذا هو أول عامل غذائى محدد فى البيئة المائية . لذلك فإن احتياجات السمك من الفوسفور ينبغى أن تشبع كلية من العليقة . وتبلغ احتياجات الفوسفور ٠,٢٩ - ٠,٨٠ ٪ فى العليقة حسب نوع السمك .

وهناك حقيقة أن كالسيوم الماء يمكن امتصاصه بسهولة من الماء ربما عند عدم ضبط النسبة المثلى بين كالسيوم وفوسفور العليقة لمعظم أنواع السمك . وإن تعددت التقارير التى تشر إلى عدم تأثير مستوى كالسيوم العليقة على احتياجات الفوسفور للقرامبط والمبروك والتروت . ورغم ذلك فتشير التقارير إلى وجود نسبة مثلى بين الكالسيوم والفوسفور فى علائق أسماك معينة كالتروت (١ : ١) ، وفرخ البحر الأحمر (١ : ٢) (٠,٣٤ : ٠,٦٨ ٪) ، والخنشان (٢:١) (٠,٣٤ : ٠,٦٨ ٪).

ورغم عدم معرفة أسباب الأختلافات هذه بين الأنواع ، فإنه يبدو أن نوع السمك وعمره وتركيبة العليقة وكيمياء الماء كلها تؤثر فى الاحتياجات من المعدنين والنسبة بينهما . وفى بحث حديث أشار إلى أن نسبة امتصاص الفوسفور فى القناة الهضمية للمبروك تتأثر بمحتوى العليقة من الكالسيوم ، فزيادة كالسيوم العليقة (٠,١ - ٢,٦٥ ٪) تخفض نسبة امتصاص الفوسفور (محتوى العليقة من الفوسفور ٠,٦٤ ٪) من ٩٨ ٪ إلى حوالى ٧٧ ٪ . ولكن عموماً يصعب تقدير معامل امتصاص الفوسفور ، كما أن مثل هذا الانخفاض المفروض أن يؤثر فى النمو والاستجابة الفسيولوجية للسمك.

ب - ماغنسيوم - كالسيوم ، ماغنسيوم - فوسفور :

عرفت نسب الماغنسيوم إلى الكالسيوم ، والماغنسيوم إلى الفوسفور فى تغذية الطيور والثدييات ، وعلى أساس هذه النسب فيبدو أن احتياجات الماغنسيوم للحيوان تتوقف على تركيز الكالسيوم والفوسفور فى العليقة . وتتباين احتياجات ماغنسيوم الأسماك (٠,٠٤ - ٠,١٢ ٪) فى العليقة على حسب نوع السمك . وكما هو فى الحيوانات المستأنسة ، فإن نقص الماغنسيوم يؤدى إلى تكلس الكلى Nephrocalcinosis or renal calcification .

وعلى أى الحالات لا يوجد ما يشير إلى زيادة احتاجات السمك من الماغنسيوم بزيادة كالسيوم أو فوسفور العليقة ، وذلك قد يرجع إلى الحقيقة أن الأسماك يمكنها بسهولة امتصاص بعض معادن الماء . فلربما كان امتصاص ماغنسيوم الماء كافياً لزيادة الاحتياجات من هذا المعدن عند وجود تقلبا فى مستويات كالسيوم وفوسفور عليقة السمك .

جـ - نحاس - زنك :

يوجد تداخل بينهما فى تغذية الطيور والثدييات ويعتقد أنها علاقة تضاد antagonists لتشابه طبيعتهما من حيث التكافؤ ، مما يسمح لهما بالتنافس للارتباط بالبروتينات المشتركة فى امتصاص المعادن وتخليق الإنزيمات المعدنية Metalloenzymes . والمعروف عن هذا التداخل أنه فى السمك قليل . فقد اقترح وجود علاقة تضاد بين الزنك والنحاس فى التروات ، خاصة فى العلائق التى يعاق امتصاص الزنك

منها . وهذه العلاقة لم يثبت وجودها عند استخدام علائق محتواها من النحاس تراوح ما بين ١٥ - ١٥٠ مجم / كجم بنسبة ١ : ١ ، ١ : ٤ نحاس : زنك ، وأيضاً زيادة نحاس العليقة حتى ٦٦٤ مجم / كجم لم يؤثر على مستوى زنك الأنسجة في التروات قوس قزح . وعلى هذا فعلى الأقل لا توجد علاقة التضاد في التراوت قوس قزح بين النحاس والزنك ، فلم يتنافس العنصران على نفس الارتباط للامتصاص في القناة الهضمية للسمك . فقد يمكن إثبات أن التراوت ربما ببساطة تأقلم على زيادة نحاس العليقة وتضاده بالزنك بزيادة امتصاص زنك الماء . عموما فإن وجود نقص الزنك في السمك ربما يشير إلى أن امتصاص زنك الماء عبر الخياشيم عادة غير كاف لإشباع احتياجات السمك من الزنك .

د - سلنيوم - نحاس :

أهم دور للسلنيوم أنه أحد مكونات إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز (GSH - P_X) ومن ثم فيعرف بأنه مضاد أكسدة . وقد أشارت مختلف الدراسات كذلك لوظائف السلنيوم البيولوجية الأخرى . والسلنيوم يتداخل مع عدد من المعادن كالزرنيخ والكبريت والزنك والزئبق والكادميوم . وبعض هذه التداخلات لها فعل مضاد أو معقدة جدا كما في حالة تداخل السلنيوم والزئبق .

وتوجد علاقة موجبة قوية بين سلنيوم ونحاس الكبد في التروت والسالمون كما ثبت وجود علاقة ميتابوليز مية بين سلنيوم العليقة ونحاس الماء في التراوت، حيث كل من العنصرين يبدو تغييره لسمية الآخر، ومازالت كيفية خفض السمية وهذا التداخل غير مفسرين . وتسجيب مستويات ميتالوثيونين الكبد Liver Metallothionine لمستويات نحاس الماء ، ولا تتأثر بالمعدلات الغذائية بالسلنيوم في التراوت . وهذا يشير إلى أن زيادة تحمل التراوت للنحاس عند ارتفاع سلنيوم علائقها لم يبد رجوعه إلى زيادة تخليق الميتالوثيونين . ولم تظهر تأثيرات معنوية للمعاملات علي نسبة وزن الكبد Liver : body weitht ration (L B W) (وزن الكبد / وزن الجسم × ١٠٠) ، ولا على محتوى زنك الكبد للتراوت . وقد لوحظ تكلس الكلى Renal calcinosis في حوالي ٧٧ ٪ من التراوت المغذى على علية مرتفعة السلنيوم عند مستوى نحاس ٠,٤ ميكروجرام / لتر ماء ، وانخفضت نسبة هذه الإصابات إلى ١٥ ٪ في السمك المغذى نفس العليقة عند ارتفاع نحاس الماء إلى ١٣٧ ميكروجرام / لتر . ولوحظت حبات النحاس في خلايا الكبد للسمك المربى على مستوى عال من سلنيوم الغذاء على مستوى نحاس ماء ١٣٧ ميكروجرام / لتر . أى أن تداخل السلنيوم والنحاس يخفض من وفرة السلنيوم والنحاس (النشط ميتابوليزميا) في السمك . والعلاقة الموجبة بين سلنيوم ونحاس الكبد يعتقد أيضا أنها نتيجة ارتباط المعدنين معا لتكوين معقد سلنيوم - نحاس ، وإذا كان هذا الفرض سليما فإن هذا التداخل يكون له آثار أبعد من مجرد التأثير على سمية النحاس والسلنيوم في السمك مثلا إذا كانت مستويات نحاس الماء عالية لكن غير سامة ، فينبغى إحداثها نقص سلنيوم في السمك حتى ولو كان مستوى سلنيوم العليقة طبيعيا أو كافيا . وهذا ربما يفسر بعض الاختلافات بين الأنواع الملاحظة نتيجة تداخل فيتامين (E) والسلنيوم في السمك .

رابعا : تداخل المغذيات الصغرى - تركيب العليقة :

أ - الثيامين - كربوهيدرات :

عوامل تركيب العليقة كجودة وكمية البروتين ومصدر ومحتوى الطاقة يمكن أن توثر معنوياً على الاحتياجات والميتابوليزم لمعظم المغذيات . وبالنسبة للثيامين ، فإنه معروف في تغذية الحيوانات الأليفة ، إن الدهن والبروتين يظهران تأثيراً موفراً للثيامين عند إحلالها محل الكربوهيدرات فى العليقة بنفس القيمة الحرارية . وعند دراسة تداخل الثيامين بتركيب العليقة (عالية الكربوهيدرات وعالية الدهن) فى التراوت ، فلم يلاحظ أى تأثيرات معنوية لتركيب العليقة على احتياجات الثيامين ، ولا على نشاط إنزيمات الترانس كيتولاز فى الكلى والكبد ولا على مستويات بيروفات ولاكتات البلازما . لكن ظهر تأثير مرتبط بنوع ووقت ظهور أعراض نقص الثيامين . فالتراوت المغذى على عليقة خالية من الثيامين وعالية الكربوهيدرات أظهرت أعراض النقص والنفوق بسرعة عن المغذاة على عليقة خالية الثيامين مرتفعة الدهن . أى أن ارتفاع كربوهيدرات العليقة له أثر وأسرع من ميتابوليزم الثيامين فى التروت ، رغم عدم مقدرة قياس ميتابوليزم الثيامين المتزايد بالمقاييس الفسيولوجية المستخدمة لقياس حالة الثيامين فى التراوت ، وقد لوحظ أخيراً أن مستوى بيروفوسفات الثيامين (TPP) فى أنسجة التراوت تعطى تقديراً أدق لحالة الثيامين فى التراوت عن المقاييس الأخرى مثل الترانس كيتولاز فى الأنسجة.

ب - بيريدوكسين - بروتين :

يرتبط ميتابوليزم البيريدوكسين (فيتامين B6) ببروتين الغذاء أو ميتابوليزم الأحماض الأمينية في الحيوان ، فزيادة بروتين الغذاء تزيد الاحتياجات من فيتامين (B6) . ولقدتوقع زيادة احتياجات السمك من فيتامين (B6) لزيادة احتياجاتها البروتينية عن معظم الحيوانات الأليفة الأخرى . وكما هو فى الحيوانات الأخرى ، فنقص فيتامين (B6) يؤدى إلى نقص نشاط الإنزيمات الناقلة لمجاميع الأمين aminotransferases (GOT & GPT) فى العضلات والكبد والبلازما فى السمك . ورغم زيادة الاحتياجات من البروتين الغذائى للسمك ، فإن احتياجات السمك من فيتامين (B6) يبدو أنها ليست أعلى عنها للحيوانات الأليفة الأخرى.

وقد أظهرت اسماك التراوت أعراض نقص للبيريدوكسين فى فترات قصيرة جداً من الزمن عند تغذيتها على علائق مرتفعة البروتين عنه عند تغذيتها على مستوى بروتين منخفض ، مما يشير إلى أن السمك المغذى على علائق مرتفعة البروتين (عن توصيات مجلس البحوث القومى NRC) تتطلب احتياجات أعلى من فيتامين (B6) ، وإن لم تظهر هذه العلاقة فى أسماك السالمون . وقد يرجع ذلك الى انخفاض بروتين العلائق المستخدمة (عن NRC) ، وهذا قد يفسر الاختلاف فى النتائج وهذا يتطلب مزيداً من الدراسة ، خاصة على الأنواع التى تتطلب مستوى عالياً من بروتين العليقة (خاصة فى عليقة البادىء starter-type diet عنه فى علائق النمو والحفظ) ونظراً لارتباط فيتامين (B6) فى الحيوانات

الأليفة بجودة بروتين العليقة ، فإنها فى حالة تغذية السمك على مسحوق سمك أو بروتين نباتى فقد تختلف الاحتياجات من هذا الفيتامين . كما أن تجهيز العلائق ربما أيضاً يؤثر على جودة البروتين مما يرجع تأثير نوع عمليات تجهيز وتصنيع العلائق على احتياجات السمك من هذا الفيتامين.

جـ - فيتامين (E)- الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع :

هناك علاقة ثابتة واضحة بين احتياجات فيتامين (E) والأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع فى الحيوانات الأليفة . بينما فى تغذية السمك ، فإن احتياجات فيتامين (E) فى حالة العليقة منخفضة الدهن أو الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع يبدو أنها تتوقف على نوع السمك . وعموماً فقد لوحظ أن درجة عدم التشبع فى الدهن للعليقة تؤثر على مستوى فيتامين (E) فى أنسجة التراوت. كما لوحظت أعراض نقص فيتامين (E)بشدة فى التراوت المغذى على زيت سمك مقارنة بدهن الخنزير. وعليه فليس غريباً أن يسجل زيادة الاحتياجات من فيتامين (E) (كما لوحظ كذلك من تجارب على الحيوانات الأليفة الأخرى) بزيادة مستوى الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع فى العليقة . وقد يرجع ميكانزم هذا التداخل إلى إفتراض الفعل الفسيولوجى المضاد للأكسدة لفيتامين (E) بارتباطه بالأغشية ، وهذا الافتراض ثم التأكد منه فى التروت بتغذيته على علائق بها ١٠ ٪ دهن وتحتوى مستويات مختلفة من فيتامين (E) ولوحظت أعراض نقص فيتامين (E) فى السمك (سوء تغذية عضلية ، تحلل الدم ، إذالة صبغات الجلد ، وغيرها) ، وتماثلها مع أعراض نقص الأحماض الدهنية الأساسية فى السمك . ولما كان فيتامين (E) يمنع أكسدة الدهن، فليس غريباً أن تتشابه أعراض النقص لكل من الأحماض الدهنية الأساسية ولفيتامين (E) فى السمك ، مما يشير إلى اشتراك فيتامين (E) فى ميتابوليزم الدهون . والحديث كذلك أن احتياجات فيتامين (E)تزيد للسمك بانخفاض درجة الحرارة عن درجة الحرارة البيئية القياسية للنوع ، كما يمكن لانخفاض درجة الحرارة أن تؤثر على تركيب الأحماض الدهنية والميتابوليزم فى السمك ، مما يحتمل معه أن تتأثر كذلك تداخلات فيتامين (E) وبالأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع بانخفاض حرارة الماء عن حرارة البيئة القياسية .

د - زنك - كالسيوم - فيتات :

يتأثر المتاح بيولوجيا من الزنك Bioavailability of Zinc فى علائق الحيوانات بتركيب العليقة (محتوى الكالسيوم والفيتات ، مصدر البروتين) ، تجهيز وتصنيع العليقة . بينما فى السمك فالمعلومات قليلة لأن إمداد السمك بالزنك فى العليقة شىء أساسى ؛ لأن امتصاص الزنك من الماء يبدو عدم كفايته لتغطية احتياجات الزنك.

أشهر عرض لنقص الزنك فى السمك (تراوت) هو ظهور إظلام عدستى العينين bilateral cataracts ، وتزداد حدة أعراض نقص الزنك بخلط العليقة بمخلوط معادن إضافى (للإمداد بفوسفات كالسيوم ، فوسفات صوديوم ، بيكربونات صوديوم ، كربونات بوتاسيوم) . لقد كانت المعادن السائدة فى

هذا المخلوط هى الكالسيوم والفوسفور ، والتى يقترح مسئوليتهما عن إثارة خفض المتاح بيولوجيا من الزنك، وقد ثبت ذلك بالفعل فى التراوت. والميكانزم المقترح لهذا التداخل هو تكوين راسب غير ذائب من الكالسيوم والفوسفور والزنك يعيق امتصاص الزنك . إلا أن زيادة مستوى أى من كالسيوم أو فوسفور الطيقة كل على حدة لا يحدث نقص الزنك ولا يكون مياه العين (عتامة عدسة العين) . ويبدو أن هناك عوامل غذائية أخرى ينبغى وجودها لإحداث نقص الزنك فى السالمونات .

إن وجود الفيتات فى علائق التروت بتركيزه ٠,٥ ٪ لايبدو له تأثير على المتاح من الحديد والزنك ، وإن انخفض النمو مقارنة بالتراوت غير المغذى على فيتات .

ولكن الأبحاث الأحدث وجدت أن زيادة مستويات الفيتات تخفض بمعنوية الإتاحة البيولوجية للزنك فى السالمون ، وإن لم تظهر مياة العينين إلا على المستويات العالية من الفيتات (٢,٥٨ ٪) ، وهى أعلى كثيراً من المستوي الطبيعى (٠,٥ ٪) فى علائق السمك. وزيادة كالسيوم (٠,٥ ٪) الطيقة يثير تأثيرات فيتات الطيقة على إتاحة الزنك بيولوجيا وتكوين مياة العينّ فى السالمون ويبدو تكوين معقد من الكالسيوم والزنك والفيتات فى القناة المعوية للأسماك وبهذا تنخفض إتاحة الزنك البيولوجية .

إن علائق السمك العملية المحتوية على ١,١ ٪ فيتات تتطلب إضافات من الزنك ١٥٠ مجم / كجم علف، حتى ولو كان زنك الجسم (٥٤ مجم / كجم) أعلى من احتياجات السمك (قراميط) من الزنك (٢٠ مجم / كجم عليقة)، لأن فيتات الطيقة (١,١ ٪) يؤثر سلبياً على المتاح بيولوجيا من الزنك فى علائق القراميط.

الفصل الرابع
أجهزة التنفس والإخراج
Respiration and Excretion Systems

التنفـــس

ويقصد به التبادل الغازى بين الماء (أو الهواء) وسوائل الجسم ويطلق عليه التنفس الخارجى ، ثم التبادل الغازى ما بين سوائل الجسم والخلايا المختلفة ويطلق عليه التنفس الداخلى ، وذلك للقيام بعمليات الأكسدة البيولوجية فى الخلايا - ويطلق عليها التنفس الخلوى . والتنفس تقوم به فى الأسماك عدة أعضاء هى : -

١ - الرئة :

هناك أسماك ثنائية الرئة Lepidosireniformes إفريقية وأمريكية جنوبية متطورة للمعيشة فى المستنقعات شديدة الانخفاض فى الأوكسجين ، إذ لها القدرة على استخدام أوكسجين الجو ، فخياشيمها مختزلة وغير نشطة نسبيا ، وبجفاف المستنقعات تتمكن هذه الأسماك من التشرنق بالمخاط فى حفرة فى القاع الطينى وتكمن بداخلها عدة شهور دون نشاط لحين سقوط الأمطار حتى ولو بعد ٤ سنوات . وهناك أسماك رئوية ثانوية Dipnoi لها رئة واحدة تنتشر فى استراليا وهى من نوع Neoceratodus fosteri، وهى تستطيع الاستفادة من أوكسجين الماء ما لم يكن الماء راكدا تماما وهى غير قادرة على البيات الصيفى (التشرنق وعدم النشاط) لذا فتنتشر فى الأجسام المائية الدائمة . والأسماك الرئوية أكثر انتشارا فى المناطق الحارة عنها فى المناطق الباردة ، وأكثر شيوعا فى المستنقعات الاستوائية . وهذه الأسماك تتنفس الهواء الجوى اختياريا (رغم وفرة الأوكسجين فى الماء) أو إجباريا (عند جفاف المستنقعات أو انخفاض أوكسجين مياهها أو بطبيعتها حتى لو توفر أوكسجين الماء) فالرئات تعمل كأعضاء تنفس أساسية أو ثانوية .

ورغم أن الأسماك ثنائية الرئة تتحصل على حوالى ٩٠ ٪ من الأوكسجين اللازمة لها عن طريق الهواء الجوى بمساعدة الرئات حتى ولو كانت المياه جيدة التهوية ، فرغم ذلك يخرج معظم ثانى أوكسيد الكربون (٦٠ ٪) أساساً عن طريق الخياشيم .

٢ - الجلد :

الأسماك الملساء التى لا تحتوى جلودها على قشور (كالثعبان وغيره) يمكنها امتصاص كمية كبيرة من أوكسجين الجو والماء عن طريق جلودها ، فسمك الثعبان يتحصل على حوالى ١٠ ٪ من احتياجات

الأوكسجين في الماء و٦٦ ٪ في الهواء عن طريق التنفس الجلدى ، وهذا التنفس الجلدى يكفيه للحياة على الأرض طالما درجة الحرارة أقل من ١٥°م .

٣ - أعضاء أخرى غير أساسية

كما تحور الجلد لامتصاص الأوكسجين ، فهناك أسماك تبدى تحورات فى الرأس أو الجسم لنفس الغرض ، فقد تتطور خياشيم ثعبان السمك الأمريكى الجنوبى ببقائها منتشرة عند غياب الماء فتشكل سطحا تنفسياً . وفى ثعبان السمك الكهربى يتحور تجويف الفم والبلعوم للامتلاء والتفريغ للهواء لأنها متنفسة الهواء . كما يحصل المبروك العادى على فقاقيع هواء يمتص أوكسجينها بجزء فمى متخصص وذلك عند انخفاض تركيز الأوكسجين فى الماء . وقد تمتد أكياس أعورية تملأ بالهواء فى جدران البلعوم (أسماك رأس الثعبان) أو كتحور فى الأقواس الخيشومية (قرموط) كنوع من التنفس الهوائى المساعد . كما قد تستعمل المثانة الهوائية أو مثانة هوائية مساعدة (ثانوية) تشبه الرئة للتنفس الهوائى air breathing . كما قد تستعمل المعدة كذلك كعضو تنفسى . كما فى ثعبان المستنقعات . وتتنفس كثير من أسماك القرموط المدرعة عن طريق الأمعاء التى يستخدم جزء منها كرئة . وأكلات الطين من الأسماك تتنفس معويا إذ تحصل على الهواء عن طريق الفم ويمر إلى الأمعاء ويخرج من الشرج ، ومن أمثلتها كذلك بعض القراميط فى أمريكا الجنوبية . وكلها تحورات قد تتصل بالجهاز الخيشومى كعوامل مساعدة للتنفس الخيشومى و/ أو للتنفس الهوائى .

٤ - الخياشيم :

هى عضو التنفس الأساسى فى الأسماك عظمية كانت أم غضروفية ، وهى مختلفة العدد ، وتوجد تحت الغطاء الخيشومى ، وهى عبارة عن أزواج من الأقواس العظمية المغطاة بالعضلات تدعم صفا مزدوجا من الخيوط (الأشعة) الخيشومية الحمراء التى تكون التركيب التنفسى الحقيقى للسمك ، فالقوس الخيشومى يحمل الأشعة الخيشومية فالصفائح الخيشومية وهى ثنايا وعائية من الغشاء المخاطى تنتظم على جانبى كل حاجز خيشومى .

وقد يحل محل الصفائح الخيشومية خيوط خيشومية سائبة تتدلى من الأقواس الخيشومية . ويختلف حجم الغطاء الخيشومى والخياشيم وتركيبها وموقعها من الجسم باختلاف أنواع الأسماك . والخياشيم هى المكان الرئيسى لتبادل الغازات بين جسم السمك والماء (وسط المعيشة) ، إذ لديها كفاءة عالية فى إستخلاص الأوكسجين الذائب بنسبته البسيطة فى الماء (٣ ٪ من أوكسجين الهواء الجوى) ، نظرا لكبر المساحة التنفسية على الخياشيم والتى تشكلها مسطحات الصفائح الخيشومية الأولية (الأساسية) والثانوية الغنية بالأوعية الدموية التى يسير فيها الدم فى عكس اتجاه سريان الماء الخارج من الخياشيم وذلك لكفاية وقت التبادل الغازى .

ويندفع الماء إلى الفم ويخرج مارا بالخياشيم نتيجة تبادل انقباض وانبساط تجويفى الفم

والخياشيم ، فينبسط التجويف الفمى أولا ليندفع إليه الماء ثم ينقبض تجويف الفم مع إنبساط التجويف الخيشومى لدفع الماء إلى الخياشيم ويتم تبادل الغازات ، وتستمر الدورة باستمرار . وقد ينعكس اتجاه هذه الحركات لتطرد السمكة ما يحيط بالخياشيم من شوائب وتسمى هذه الحركة بكحة السمك . ويخضع سريان الدم فى الصفائح الخيشومية إلى تحكم عصبى هرمونى يتحكم به الجسم فى كمية الأوكسجين وتبادل الأيونات بين الدم والماء . وعليه فقد يكون التنفس بطيئا وعميقاً كما فى الأسماك ساكنة القاع وفيها يكون حيز الخياشيم قويا وقابلا للامتداد ، بينما فى الأسماك سريعة العوم كالسالمون تكون هذه القاعدة معكوسة أى حيز الخياشيم صغير . فسمك الضفدع له مساحة مسطح خياشيم ١٦٠ مم ٢ / جم سمك بينما الماكريل ١٠٤٠ مم ٢ / جم والتونة ٢٠٠٠ مم ٢ / جم سمك ، ومعظم الأسماك العظمية فى حدود (١٥٠ - ٣٥٠ مم ٢ / جم) .

وزيادة محتوى الماء من ثانى أوكسيد الكربون أو نقص الأوكسجين تؤديان إلى زيادة حجوم الماء المتجددة فى وحدة الزمن فى الأسماك العظمية مع زيادة حجم التنفس (عمق التنفس) وتكراره مع انخفاض درجة الاستفادة من الأوكسجين فى ماء التنفس . حيث إن درجة الاستفادة = (الضغط الجزئى للأوكسجين فى هواء الشهيق - الضغط الجزئى للأوكسجين فى هواء الزفير) / الضغط الجزئى للأوكسجين فى هواء الشهيق × ١٠٠ وكفاءة الأسماك العظمية فى الاستفادة من المحتوى الأوكسجينى للماء تبلغ ٨٠ ٪ مقارنة بسمك الكلب الذى كفاءته حوالى ٥٠ ٪ .

نتائج تنفس سمك الثعبان وسمك السالمون وزن ٤٠٠ جم على درجة حرارة ١٧°م للثعبان و١٥°م للسالمون :

	سمك ثعبان		سمك سالمون	
محتوى ماء التنفس من الأوكسجين مل / لتر	٦,٦	٢,١	٦,٨	١,٨
حجم الماء المتجدد بالتهوية مل / كجم / ق	٨٩	٧٩٢	٥٥٦	٣٣٥٠
حجم الشهيق مل / كجم	٥,٦	٢٣,٨	٦,٩	٣١,٣
تكرار التنفس مرة / ق	١٦	٣٢	٨٠	١٠٧
استفادة الأوكسجين من ماء التنفس ٪	٨٢	٥٣	٣٥	١٨
استهلاك الأوكسجين مل / كجم / ق	٠,٤٨	٠,٨٣	١,٢٧	١,٠٥

ويصل تركيز أوكسجين دم السمك إلى ٢٥ ضعف تركيزه فى الماء ، وهذا يستلزم طاقة كبيرة لتكوينه ، ووجود تلوث عضوى فى الماء يزيد الطاقة المبذولة لتركيز الأوكسجين والاستفادة منه ، ونقص أوكسجين الدم يزيد سرعة تيار الدم فى الصفائح الخيشومية مما يفجر طلائيتها وتصير معرضة للغزو الميكروبى المميت للسمك .

وهناك علاقة عكسية بين مسطح الخياشيم / وحدة وزن جسم سمك ووزن الجسم ، كما يزيد الزمن اللازم لنقل الأوكسجين من الخياشيم إلى أجزاء الجسم المختلفة بزيادة حجم السمك . وينخفض استهلاك الأوكسجين / وحدة وزن جسم للسمك الكبير عنه فى السمك الصغير . وتحت ظروف انخفاض الأوكسجين المذاب وارتفاع درجة الحرارة وزيادة حجم التنفس تنخفض الاستفادة من الأوكسجين إلى ١٠ - ٢٠ ٪ من الأوكسجين المذاب فى الماء المار فوق الخياشيم .

وتزيد تهوية الخياشيم (عدد مرات التنفس) لمواجهة ارتفاع الطلب على الأوكسجين بارتفاع درجات الحرارة ، كما يزيد حجم التهوية بانخفاض الأوكسجين الذائب . ويظل معدل استهلاك الأوكسجين ثابتا بإنخفاض الأوكسجين الذائب حتى ترتفع درجة الحرارة فيزيد ميتابوليزم التنفس . ويزيد معدل الاستفادة من الأوكسجين مع درجات الحرارة .

ويجب معرفة أن بعض الأسماك تتنفس جلديا وخيشوميا ورئويا ، أى يمكن إحداث التبادل الغازى فى نفس نوع السمك بأكثر من طريقة معا .

الإخـــــراج

يقصد بالإخراج التخلص من نواتج الميتابوليزم غير النافعة والضارة وكذلك المواد الغريبة عن الجسم، وذلك بطرق عديدة سواء عن طريق الكلى أو الخياشيم وغيرها . فالإخراج تقوم به عديد من الأجهزة ، **فالجهاز الهضمى** يخرج المادة الصلبة غير المهضومة مع جزء من أنسجة الجسم وإنزيماته وعصائره فى الروث ، كما تقوم **الخياشيم** بإخراج الغازات المختلفة نتيجة التبادل الغازى كما تخرج نواتج التمثيل الغذائى من فضلات أزوتية . ففى الأسماك العظمية تخرج طلائية الخياشيم أمونيا أكثر مما تخرج الكلى . وتخرج الكلى (عن طريق البول) فى الأسماك البحرية كميات كبيرة من مركب ثالث ميثايل أمينو أوكسيد Trimethylaminoxid (TMAO) وهو مركب ذائب وغيـــر ســـام (ويوجد كذلك فى عضلات الأسماك البحرية) ويفعل البكتيريا تتحرر منه مركب ثالث ميثايل أمين (TMA) المميز لرائحة أسماك البحر الميتة، ومركب TMAO مصدره خارجى أى من العوالق الحيوانية التى تحتوى على هذا المركب بتركيز عال . وتقوم **الكليتان** (أو الجهاز البولى) بإخراج الماء ونواتج الميتابوليزم عموما .

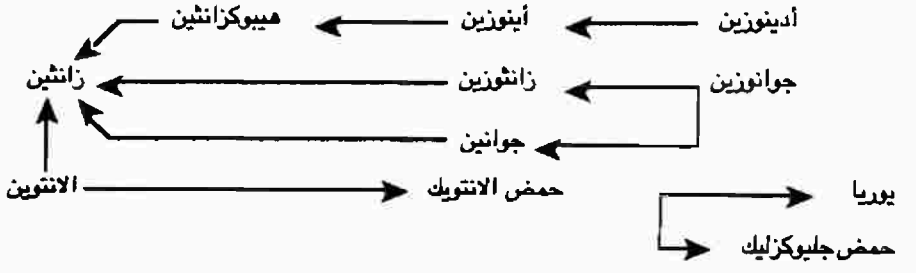
$$CH_3 -- N^{+}(O^{-}) -- CH_3$$
$$|$$
$$CH_3$$

والجهاز البولى فى الأسماك معقد ومتغاير بتغاير الأسماك وبيئاتها ، ورغم الارتباط بين الجهازين البولى والتناسلى لعلاقة الكلى بالجهاز التناسلى فى بعض الأسماك ، إلا أن الجهازين منفصلان فى أغلب الأسماك العظمية . وتختلف وظيفة أجزاء الكلى فى الأسماك ، فالجزء الأمامى مضمحل وظيفيا فى كثير من الأسماك.

ويتكون الجهاز البولى فى الأسماك من كليتين متقاربتين ومنطاولتين على الناحية الظهرية لجسم الأسماك ، وتتكون الكلى من الوحدات التركيبية المعتادة (النفرونات Nephrons) أى الأنابيب الكلوية . وتتصل الكلى بقنوات بولية تصب فى المثانة البولية أو الكيس البولى التناسلى . وتركيب الجهاز البولى شديد التباين التركيبى لتباين تطور الأسماك المختلفة .

وتخرج الأسماك ناتج ميتابوليزم البروتينات فى صورة أساسية هى الأمونيا غير المتأينة NH_3 وهى سامة عن الأمونيا المتأينة NH_4 لقدرتها على المرور خلال الأغشية الخلوية بشكل أكبر . ويتأثر الإخراج فى شكل أمونيا سامة على pH الماء ودرجة حرارته وملوحته ، فكلها تؤثر على الاتزان بين صورتى الأمونيا ، فزيادة pH الماء وحدة واحدة يزيد تواجد الشكل السام من الأمونيا بمعدل ١٠ مرات ، والعكس فإنخفاض pH الماء يكون مصحوبا بمستوى غير سام من الأمونيا . كما أن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من إخراج الأمونيا وكذا اليوريا . ويؤدى التسمم بالأمونيا إلى أوديما ورشح مع تكتل واندماج الصفائح الخيشومية مؤدية إلى موت السمك بتأثير الاختناق Asphyxiation . لذلك تتحمل الأسماك تركيزات عالية من الأمونيا الناتجة من فضلات أزوتها لسرعة واستمرارية إفرازها من الخياشيم خارج أجسامها ، كما أن أنسجتها لديها القدرة على التحمل للأمونيا أكثر عن الحيوانات الأخرى التى تخرج اليوريا Ureotelic أو التى تخرج حمض اليوريك Uricotelic كناتج أساسى نهائى لميتابوليزم الأزوت . الأسماك تخرج اليوريا كذلك مع الأمونيا بنسب متفاوتة مع زيادة نسبة اليوريا إذا خرج السمك من الماء أو بإنخفاض مستوى ماء الأحواض .

ورغم زيادة إنتاج الأمونيا غير المتأينة عن اليوريا فإن تركيزهما فى الجسم على العكس فاليوريا أعلى تركيزا من الأمونيا فى أنسجة السمك . ومصدر اليوريا (التى تخرج أساسا عن طريق الخياشيم بنسبة أكثر من ٩٠ ٪ من اليوريا الكلية الخارجة من كل من الخياشيم والكلى) هو حمض اليوريك كما يوضحه الرسم التالى :



ويساعد فى ذلك كثير من النظم الإنزيمية وهى adenosine deaminase , guanosine deaminase , nucleoside phosphorylase , guanase , xanthine oxidase , uricase , allantoinase & allantoicase .

بعض الأسماك العظمية البحرية لا تظهر قنواتها الكلوية فى نهايتها أى جسيمات ملبيجى ، وعليه فإن هذا الاختزال لا يمكن من عملية الترشيح الكلوى وعليه تختف بشدة كمية البول الخارجة من هذه الأسماك (٢,٥ مل / كجم / يوم) مع ما تخرجه أسماك الماء العذب (٣٠٠ مل / كجم / يوم) .

ويرتفع تركيز أيونات الماغنسيوم والكالسيوم والكبريتات مائة ضعف فى البول عما هو عليه فى الدم ، بينما يكون تركيز الكلور ضئيلا جدا فى البول . وتخرج الأسماك كذلك بارا أمينو حمض الهيبوريك P-aminohippuric acid وغيرها عن طريق الكلى إلا أن البول دائما خال من الجلوكوز (حتى مع ارتفاع تركيزه فى البلازما) والأينولين .

تستخرج الأسماك العظمية حتى ٩٠ ٪ من الأزوت الخارج من الميتابوليزم عن طريق طلائية الخياشيم وأساسا فى صورة أمونيا مع القليل من اليوريا . بينما المواد صعبة الانتشار كحمض اليوريك والكرياتينين فإنها تخرج من الجسم أساسا عن طريق الكلى .

وتقوم الأسماك بالإخراج للداخل أى بتخزين بعض نواتج الإخراج فى خلايا معينة ، فتخزن الأسماك الجوانين فى هيئة بللورات فى خلايا القزحية iridocytes فى الجلد وفى أشكال مختلفة كذلك فى شبكية ومشيمة العين .

الضغط الأسموزي

تقوم الكلى بترشيح سائل الدم من فضلات وإخراجها فى البول ، فالكلى وسيلة ضخ للماء من داخل جسم السمك إلى الخارج . ولما كانت الحيوانات تموت إذا ما غمرت فى سائل مخفف جدا أو مركز جدا بالنسبة لسوائل الخلايا أو الجسم ، لذلك إذا عاشت الاسماك فى الماء العذب فإن سائلها الداخلى يسحب الماء من الخارج ويصبح مخففا وبقيام الكلية بضخ الماء إلى الخارج باستمرار فإنها تحافظ على تركيز المحاليل داخل الكلية .

أما أسماك الماء المالح فتركز الأملاح فى دمائها وتقوم غدد خاصة بإفراز الأملاح الزائدة فى الجسم إلى الماء المار عبر الخياشيم . كما يعتقد أن غدة المستقيم فى صفائحية الخياشيم Elasmobranchs تفرز أيونات الصوديوم والكلور كجزء من طرق التنظيم الأسموزى . وتقوم أسماك بحرية أخرى بتركيز اليوريا لرفع تركيز السائل الداخلى إلى نفس التركيز فى الخارج . بل وأعلى منه أحيانا لتوازن السوائل داخل وخارج الجسم . والأسماك العظمية لها طلائية خياشيم أقل نفاذية ؛ لذلك ترفع محتوى الدم من اليوريا ليماثل فى أسموزيته أسموزية ماء البحر . فتقوم الأسماك بالاحتفاظ باليوريا ولا تخرجها كلها حرصا على التنظيم الأسموزى حتى لا تجف أجسامها بارتفاع ملوحة الماء ، بينما تخفض من تركيز

يوريا جسمها إذا إنتقلت إلى ماء أقل ملوحة . إلا أن السمك لا يحتمل اليوريا كثيرا ، إذ تؤدى إلى تثبيط إنزيمات عمليات الأكسدة وهدم الجليكوجين .

أى أن الأسماك تقوم بتنظيم أسموزى Osmoregulation للمحافظة على التوازن بين الماء والملح فى أنسجتها ليتوازى ضغطها الأسموزى مع الضغط الأسموزى لوسط معيشتها .

ميزان الملح والماء للفقاريات المائية وكيفية حل مشكلة الضغط الأسموزى :

الحيـــوان	استهلاك ماء البيئة	تركيز الدم بالنسبة لماء البيئة	تركيز البول بالنسبة لتركيز الدم	وسيلة إخراج الملح
أسماك عظمية بحرية	تشرب ماء البحر	أقل	متعادل	البول متعادل / يخرج الملح من الخياشيم
أسماك عظمية ماء عذب	يدخل الماء من الخياشيم والمعدة	أعلى	أقل	البول أقل تركيزا
برمائيات	لا تشرب ماء البحر	متعادل	متعادل	البول متعادل / يخرج الملح من غدة المستقيم
زواحف	تشرب ماء البحر	أقل	متعادل	البول متعادل / الدموع أعلى تركيزا
طيور	تشرب ماء البحر	أقل	أعلى	بول مركز قليلا / إفراز الأنف عالى التركيز
ثدييات	لا تشرب ماء البحر	أقل	أعلى	بول عالى التركيز جدا

ويعبر عن التنظيم الأسموزى بالأوزمول Osmole (جرام جزيئى / لتر (كجم) ماء) فواحد مول كلوريد صوديوم / كجم له ٢ أوزمول . والأسهل لسوائل الجسم أن يعبر عن أسموزيتها بالملى أوزمول

(mosm) ، وقد يعبر عن التركيز الأسموزى بدلالة الانخفاض فى درجة تجمد السوائل كما يوضحه الجدول التالى :

درجات تجمد الماء عند درجات ملوحة مختلفة :

الملوحة جزء / ألف	درجة التجمد م°	ملى أوزمول / كجم
٥	٠,٢٩-	١٥٥
١٠	٠,٥٨-	٣١٢
١٥	٠,٨٧-	٤٤٤
٢٠	١,١٣-	٦٠٨
٢٥	١,٤٥-	٧٨٠
٣٠	١,٧٢-	٩٢٥
٣٢ (ماء البحر)	١,٨٦-	١٠٠٠
٣٥	٢,٠٣-	١٠٩١
٤٠	٢,٣٥-	١٢٦٣

ويطلق على المحاليل منخفضة الأسموزية (التوتر) أى منخفضة تركيز الملح hypotonic أو hyposmatic ، والمحاليل مرتفعة التركيز الملحى أى مرتفعة الأسموزية يطلق عليها hypertonic أو hyperosmatic بينما متعادلة الأسموزية يطلق عليها isosmatic .

فالتركيز الأسموزى لدم الأسماك فى المياه العذبة يقع ضمن الحدود العالية للأسموزية (٢٦٥ - ٣٢٥ ملى أو زمول / كجم) فلابد لها من منع تخفيف الدم بإنتشار الماء للداخل بطرق عديدة ، منها إخراج بول مخفف عن البلازما لكنه غزير ، واحتجاز بعض نواتج الميتابوليزم ويساعد فى هذا التنظيم كل من الكلى والمثانة وامتصاص الماء عن طريق الجلد ودور الخياشيم فى استخلاص المعادن من الماء ونقلها إلى الدم ، وكذلك دور الخياشيم فى امتصاص الماء .

دماء الأسماك البحرية لها تركيز أسموزى (أقل منه لماء البحر المالح) ٣٨٠ - ٤٧٠ ملى أوزمول / كجم ، وتقوم هذه الأسماك باحتجاز المواد النيتروجينية لتعويض الانتشار للماء المتجة إلى خارج الجسم خلال الخياشيم والجلد كذلك تبتلع ماء البحر ويمتص من القناة الهضمية ، إذ تمتص العناصر المعدنية وتخرج الزيادة منها عن طريق الخياشيم والبول والبراز ، فالأسماك البحرية تشرب أكثر وتخرج بولا أقل عما هو فى أسماك الماء العذب . وفى المناطق المتجمدة تزيد الأسماك من أسموزية دمائها بزيادة تركيز مواد عضوية (خلاف السكر واليوريا) لتزيد الانخفاض فى درجة التجمد للدم لتشابه أسموزية الدم وماء البحر .

أما الأسماك ثنائية الهجرة بين الماء المالح والماء العذب فلها ميكانزم تحمل ملوحة خاص يشمل تغييرات شكلية وفسيولوجية يسهل عملية التنظيم الأسموزى فى البيئة الجديدة .

والتنظيم الأسموزى يرتبط **بالتنظيم الأيونى** Ionoregulation **والمائى** من خلال عمل كل من :

١ – **الخياشيم** : إذ تحتوى خياشيم الأسماك على خلايا كبيرة غنية بالميتوكوندريا تعرف بخلايا الكلوريد ، تشترك فى تنظيم الأيونات لمقدرتها على إخراج كلوريد الصوديوم ، أى أنها تكون نسيج إخراج الملح فى خياشيم الأسماك فى الماء المالح عن طريق نقل أيون نشط بواسطة إنزيم Sodium / Potassium - stimulated adenosine triphosphatase (Na^+/K^+-ATPase) ويزيد نشاط إنزيم Succinic dehydrogenase (SDH) الميتوكوندريا كذلك كمرقم بيوكيماوى آخر لنشاط الميتوكندريا ، إذ يشبه فى نشاطه نشاط الإنزيم الأول NA^+ / K^+- ATPase ، ويتركز فى خلايا الكلوريد بالخياشيم ، فيزيد كذلك نشاط إنزيم SDH فى الخياشيم بالانتقال إلى الماء المالح مع زيادة إنزيم Na^+ / K^+- ATP ase ، كما قد تزيد العمليات الأخرى المتطلبة للطاقة كما فى نقل الأيونات ثنائة التكافؤ بواسطة إنزيم Ca^{++}/Mg^{++} - ATP ase الذى ينشط بالنقل إلى الماء المالح وزيادة الحاجة لإنتاج الطاقة فى خلايا الكلوريد .

٢ – **الأمعاء** : تقوم هي الأخرى بإمتصاص السوائل فيها ويزيد هذا المعدل بالانتقال إلى الماء المالح ، وهذا العمل يتوقف على الكلوريد ومرتبط بدخول الصوديوم والكلور الواردان من Na^+ / K^+ - ATP ase فى مخاطية الأمعاء كما فى الخياشيم ، ويحدث ذلك لأقلمة الأسماك (السالمون ، الثعبان) على الماء الأسموزى (الجاف ، المالح) .

٣ – **الكلى** : لها أسلوبها في هذا التنظيم ، إذ بانتقال الأسماك (السالمون مثلا) إلى الماء المالح يصاحب ذلك انخفاض معدل الترشيح الحبيبى للكلى مما يخفض من معدل التبول لحفظ ماء الجسم وينخفض نشاط إنزيم Na^+ / K^+- ATP ase فى الكلى كوسيلة لحفظ ماء الجسم من البيئة المالحة كما حدث كذلك من الأمعاء والخياشيم . فالكلى يمكنها إنتاج بول أكثر تركيزا من الدم ، أى يمكنها تخليص الجسم جزئيا من أملاحه .

٤ – **تنظيم هرمونى** : هناك منظمات هرمونية Hormonal Regulators لعملية تنظيم الأسموزية وتشمل :

أ – **هرمونات الدرقية** Thyroid Hormones : إذ يزيد مستوى هرمون الثيروكسين فى البلازما كما يزيد ثلاثى أيودوثيرونين عن نقل السمك إلى الماء المالح . ونقل السمك إلى الماء المالح فى أثناء زيادة نشاط الدرقية يحدث انخفاضا مفاجئا فى الثيروكسين (T_4) وثلاثى أيودو ثيرونين (T_3) فى البلازما . وقد وجد أن تنبيه الدرقية يحدث فى الماء

العذب أكثر منه فى الماء المالح رغم أهمية وظيفة الدرقية لنجاح التنظيم الأسموزى فى أسماك الماء المالح .

ب – **النخامية وجزع بين الكلية** Pituitary - interrenal axis : يزيد نشاط النخامية والكلية عند نقل الأسماك (السالمون) إلى الماء المالح فيزيد الكورتيزول فى البلازما ، والذى قد يؤدى إلى زيادة نشاط إنزيم Na^+ / K^+ - ATP ase الخياشيم ، إذ أن حقن ثعبان السمك بالكورتيزول وحقن السالمون بهرمون أدرينوكورتيكوتروبين Adrenocorticotropin (ACTH) قد شجع على زيادة عدد خلايا الكلوريد بالخياشيم ونشط إنزيم Na^+ / K^+- ATP ase وكذلك نشط من إنزيم SDH فى خياشيم السالمون . وتؤدى الهرمونات المنشطة للدرقية والمفرزة من النخامية إلى التنظيم الأسموزى من خلال تبنيها لإفراز هرمونات الدرقية ويؤثر الأرجنين فازوتوسين Arginine vasotocin على فعالية الكلية وعلى نفاذية الصوديوم فى أسماك المياه المالحة والعذبة على حد سواء .

جـ – **البرولاكتين** Prolactin : له دور أساسى فى التنظيم الأسموزى فى الماء العذب مع حفظه لمستوى بلازما الصوديوم والكلور . ويقل نشاط خلايا ايتا Eta المفرزة للبرولاكتين فى النخامية بزيادة ملوحة الماء (للسالمون) .

د – **هرمون النمو وستيرويدات الجنس** Growth hormone & sex steroids :

يزداد نشاط سوماتوتروبات النخامية (الخلايا المسئولة عن إفراز هرمون النمو) مع زيادة نمو السمك وتزيد القدرة على تحمل الملوحة . وقد ترجع زيادة النمو لتأثير هرمون النمو على هرمونات الدرقية . الاستيرويدات البنائية Anabolic steroids (مثل إيثيل استراديول) تدفع معدل النمو فى الزريعة (للسالمون) ، بينما تخفض فى الأعمار الأكبر. كذلك ميثيل تستوسترون يؤدى إلى زيادة معدل نمو الزريعة (السالمون) فى الماء العذب ، ويثبط النمو للعمر الأكبر في الماء المالح . ولما لوحظ من تثبيط في نشاط إنزيمى Na^+/K^+- ATPase & SDH فى الخياشيم للذكور الناضجة مع زيادة مستوى تستوسترون البلازما ، فهذا يدعو للاعتقاد بتداخل ستيرويدات الجنس مع نشاط الإنزيمات المهيمنة على التنظيم الأسموزى .

هـ – **أجسام إفرازية داخلية أخرى** Other endocrine bodies : فالجسم الأصفر يزيد من نشاطه الإفرازي فى أثناء الأقلمة على الماء المالح وكاستجابة للتغييرات البيئية كمستويات الكالسيوم والصوديوم ، فربما يلعب الجسم الأصفر دورا فى تنظيم الخياشيم فى النقل الأيونى ، فإزالة الجسم الأصفر من ثعبان السمك أدى إلى تضخم وزيادة عدد خلايا الكلوريد وزيادة نشاط إنزيم Ca^{++} / Mg^{++} - ATP ase الخياشيم وزيادة

مستوى كالسيوم البلازما .

٥ – **المعادن الثقيلة** Heavy metals : إطالة فترة التعرض لآثار من التلوث بالنحاس تثبط نشاط إنزيم Na^+/K^+-ATP ase الخياشيم وتعيق الأقلمة للماء ويحدث نفوق بمعدل كبير . كذلك التعرض للكادميوم يعيق التأقلم على الماء المالح ، ولوحظت تأثيرات مماثلة عند تلوث بيئة السمك بالرصاص أو الزنك وغيرها من المعادن الثقيلة .

٦ – **زيادة حموضة الماء** Low pH Waters : تعيق النمو وتثبط نشاط إنزيم / Na^+ K^+- ATP ase وتقلل من تحمل الملوحة وتعيق القابلية لتنظيم أيونات البلازما .

٧ – **درجة الحرارة** Temperature : انخفاض درجة حرارة الماء لبعض الأنواع من الأسماك يثبط نشاط إنزيم Na^+ / K^+ - ATP ase .

الفصل الخامس
الجهاز التناسلى والتفريخ

غالبا ما يرتبط الجهاز التناسلى بالجهاز البولى خاصة بالأسماك الغضروفية وبوجه عام يتكون الجهاز التناسلى من المناسل (مبيض فى الإناث أو خصيتين فى الذكور) والمجارى المنسلية (وعاء ناقل فى الذكر أو قناة بيض فى الإنثى) التى تفتح فى الحلمة التناسلية إما منفصلة عن الفتحة البولية (فى الإنثى) أو مشتركة معها (فى الذكر) فى الأسماك العظمية . وفى الأسماك الغضروفية مبيض واحد للإناث والمبايض يختلف حجمها باختلاف الحالة التناسلية إذ يزداد حجمها كثيرا جدا ويأخذ شكلا محببا كما يختلف لونها حسب درجة نضج البيض . ويزيد فى الأسماك الغضروفية وجود كلابتين تشكلان كيس الزراق أمام المنرق فى الذكور يستخدم فى نقل السائل المنوى عند الجماع (السفاد) .

النضج الجنسى : Sexual maturity :

يقصد به فى الأسماك العمر عند أول وضع للبيض بينما فى الحيوانات الأخرى يعنى العمر الذى عنده يصير الحيوان قادرا على التناسل والتكاثر . وتبلغ الأسماك جنسيا عند بلوغها طول معين . ويرجع صغر حجم الذكور البالغة عن الأناث أن الإناث لها غدد صماء أكبر من الذكور لتواجه بها إخراج المخزون الغذائى الكبير فى جسمها (من جليكوجين وأحماض أمينية حرة ودهون وخلافه) إلى البيض ، وقد يتطلب النضج الجنسى كذلك ارتفاع درجة الحرارة (كما فى البلطى) تبلغ على الأقل درجة حرارة الماء ٢٢°م قبل بداية عملية التكاثر ، إذ تؤدى درجة الحرارة إلى ارتفاع الاستروجين والأندروجينات فى موسم تكاثر الإناث وارتفاع الأندروجينات فى موسم تكاثر الذكور بالإضافة لإرتفاع نسبة الجونادوتروبين .

ويتطلب السالمون خفض مدة الإضاءة ليبدأ فى انتاج السبرمات . **فيتأثر معدل النضج الجنسى بعوامل خارجية أهمها** : التغذية ودرجة الحرارة وفترة الإضاءة وتيارات الماء ، وعليه نجد أن :

١ - الأسماك ذات معدل النمو الجيد تبلغ جنسيا مبكرا وفى حجم أصغر عن الاسماك متوسطة معدل النمو ، بينما الأسماك فقيرة النمو تنضج جنسيا متأخرا .

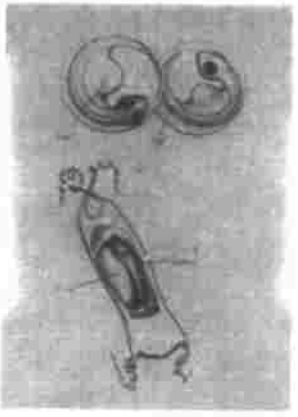
٢ - عمر النضج الجنسى فى العشائر يتباين لنفس النوع اعتمادا أساسيا على حجم السمك ، وبالتالى على معدل النمو ، فالأسماك ذات معدل النمو الأفضل تبلغ جنسيا مبكرا ، وتضع عدد مرات أكثر منه فى الأسماك فقيرة النمو .

وتنتج الخصى الحيوانات المنوية بينما تنتج المبايض البيض . ومع الحيوانات المنوية تنتج إفرازات من الأنابيب المنوية وتشكل معا السائل المنوى Milt . ويختلف الحيوان المنوى شكلا باختلاف الأنواع كما

تختلف فى تراكيبها الوراثية . ويتطور البيض فى المبايض ويحتوى المح (بروتين) والقطرات الزيتية (دهن) لتغذية الأجنة فيما بعد . وقد تكون أغشية البيض رقيقة فى الأنواع التى تنال رعاية آبائها ، بينما البيض الذى لا ترعاه الآباء يكون غلاف البيض متقرنا لحماية البيض من الجفاف إذا انجرف نحو الشاطىء . وبيض الأسماك البحرية عائم بينما بيض أسماك الأنهار غاطس . وهناك بيض طاف غير ملتصق وبيض آخر غاطس له قابلية للالتصاق . والبيض وإن كان معظمه دائرى فيوجد بيض بيضاوى وبيض متطاول وقد يحمل محاليق لتثبيت البيض . ويتباين كثيرا حجم البيض بتباين الأنواع فبينما يوجد بيض ناضج قطره ١,٧ مم فهناك بيض ناضج قطره ٣٠ مم .

كل نوع من الأسماك يختلف ، ليس فقط فى شكل ولون وتركيب ووضع المناسل ، بل أيضا فى العمر عند النضج الجنسى وفى عدد البيض وصفاته المختلفة . وعلى ذلك فلكل نوع طريقة فى تناسله ينجح بها فى الحفاظ على نوعه رغم الظروف البيئية المختلفة . فأسماك تضع آلاف البيض وأخرى تضع ملايين البيض ، وعموما كلما زاد عدد البيض قل قطره ، كما يتوقف عدد وحجم البيض على عمر السمك .

ورغم أن البلطى يبلغ (ينضج) جنسيا مبكرا عند عمر ٢ - ٣ أشهر للموزمبيقى ، ٧ شهور للرندالى ، ثانى عام للأوربا ، فهناك أسماك تنضج جنسيا فى عمر ٧ - ٩ سنوات لذكور الحفش



أعلى : تطور بيض أسماك البليس Plaice يوضح جنين السمك والصفار الذى يتغذى عليه حتى الفقس .

أسفل : بيض سمك الكلب يوضح تطور الجنين، لاحظ المحاليق .

قوابع (ورنك عادى) وبيضة فى شكل صندوق ذو زوايا قائمة (متوازى مستطيلات) قرنى يوضع على القاع ليفقس بعد عدة شهور .

و ٨ – ١٤ سنة لإناثه ، حيث تعمر أسماك الحفش لأكثر من ٥٠ سنة ، وتضع الأنثى ما يزيد عن ٢ مليون بيضة تباع ككافيار (لأنواع البحر الأسود) . ويتوقف عمر النضج الجنسي على عوامل أهمها درجة الحرارة ، إذ أن الجو البارد يؤخر النضج الجنسي ، فمبروك الحشائش في مصر ينضج في عمر عامين ، وفي المجر في عمر خمسة أعوام .

ولكل نوع من السمك موسم تكاثر مميز من حيث طول النهار ودرجة الحرارة ووفرة الغذاء وعوامل الماء والبيئة المختلفة الأخرى التي تنبه السمك للدخول في دورة تناسل . وقد تكون الدورة التناسلية على مدار العام كما في بعض أنواع البلطي والقوابع ، أو مرة كل عامين أو كل عام ، أو ١–٢ دورة في العام (مبروك عادي) ، أو كل ٤ أسابيع (الجوبي) . أو مرة واحدة في العمر في بعض الأنواع القليلة . ونفس النوع السمكي يختلف في عدد مرات وضع بيضه باختلاف الظروف البيئة ، فالمبروك يضع مرة واحدة في المناطق المعتدلة (٢٤°م صيفا ، ٣,٦° شتاء ، وعدد ساعات ضوء الشمس في الشتاء نصف ما للصيف) بينما يضع مرتين في السنة في المناطق الاستوائية . وتؤدي هذه المؤثرات المختلفة إلى تنبيه النخامية التي بدورها تنبه المناسل وتدخل في الدورة التناسلية مظهرة سلوكا تناسليا مميزا نتيجة استجابة الأسماك وانتحائها للجاذبية Geotaxis أو للضوء Phototaxis أو للكهرباء Electrotaxis أو للالتصاق Thygmotaxis أو للتيار Rheotaxis فتستجيب بصريا وكيماويا مظهرة إشارات وسلوكا اجتماعيا بين الجنسين ينتج عنه تزامن وضع السائل المنوي مع وضع البيض ، أو يتم فيه التلقيح الداخلي (في الأسماك الغضروفية) وذلك بعد فترة استحضار أو غزل أو تجهيز عش لوضع البيض ، وفي أثناء ذلك قد يتغير شكل ولون الذكر ليصير جذابا وقد تنطلق الأصوات وتتراقص الأسماك وتتقارب وتتماس وتحتك ببعضها كمقدمات للتزاوج .

وتمتاز بعض أنواع السمك برعاية أبوية Parental care لبيضها وصغارها ، سواء في إعداد العش وحمايته ، أو في حمل البيض المخصب في الفم أو الخياشيم أو حتى على الجسم . ومن وسائل الحماية أن تضع الأسماك بيضها الناضج في أكياس قرنية ، والبعض الآخر يطلق عليه ولود Viviparous لأنها تنضج البيض وتطوره داخلها أي يتم تحضينه داخل الإناث ، وتخرج صغارها الحية بعد ذلك وذكور الأسماك الأنبوبية وحصان البحر تحمل نتاجاتها . وأسماك القرش الأزرق الصغيرة تتغذى خلال مشيمة كيس المح بينما أسماك أخرى كقرش ماكو Mako تتغذى صغارها في الرحم على البيض غير المخصب .

والأسماك العظمية تضع عدد أكبر من البيض الأصغر حجما عما هو عليه في الأسماك الغضروفية . وعقب إخصاب البيض في الماء العذب يرسب أو يغوص على القاع والنباتات ، بينما بيض الأسماك العظمية البحرية يطفو على الهوائم . وعادة الأسماك البيوضة Oviparous عدد بيضها كثير وحجمه صغير وتلقيحه خارجي .

ومعظم الأسماك فيها الجنسان في فردان مختلفان ﴿ ومن كل شيء خلقنا زوجين ﴾ – الذاريات : ٤٩

وإن وجدت أسماك مخنثة ينتج ذات الفرد كل من السائل المنوى والبيض . والذكور تحمل زوج كروموسومات مسئولة عن الجنس XY ، بينما الإناث تحمل XX باستثناء أسماك الجامبوزيا التى تكون فيها الذكور متماثلة الكروموسومات ويشار فى هذه الأسماك للكروموسومات بالرموز Z ، W . وهناك من الأسماك ما يقوم بالإخصاب الذاتى ، وأسماك خنثى بطبيعة نوعها ، وأسماك خنثى فى بعض الأنواع كحالات غير طبيعية . والفرق بين التلقيح الذاتى والخنثى أن الأولى تنضج مبايضها وخصيها فى آن واحد بينما الخنثى بعضها يكون ناضج المبايض مبكرا ، والبعض الآخر ناضج الخصى مبكرا ، أى تعمل بعضها كذكور فى حين يكون البعض الآخر إناثا وينقلب الوضع ثانية ..

ويتم التلقيح خارجيا بوضع الذكر سائله المنوى على بيض الإناث فى الماء وذلك فى الأسماك البياضة، أما فى الأسماك الولودة فيتم فيها التلقيح داخلياً بجماع الجنسين معا فى الأسماك الغضروفية وبعض الأسماك العظمية . وسواء كان التلقيح داخليا أو خارجيا فإن الحيوان المنوى يصل إلى البويضة ويخترقها وتتحد نواتهما فيما يسمى بالتلقيح . ثم ينغلق نقير البيض المخصبة بامتصاص الماء وتبدأ الانقسامات فى الجنين وتتميز أجهزته وأعضاؤه .

والتكاثر يأخذ شكلا مما يلى :

١ – جنسى تزاوجى Bisexual فى معظم الأسماك العظمية بتلقيح الحيوانات المنوية للذكور لبيض الإناث (خارجى أو داخلى) .

٢ – ذاتـى Hermaphrodism بتلقيح داخلى لنفس الأفراد لاحتوائها أنسجة كلا النوعين من المناسل (مبايض وخصى) .

٣ – لا إخصابى Parthenogenesis وفيه ينشط الحيوان المنوى عملية نضج البيض والتبويض وينتج إناثا فقط وبدون اتحاد أمشاج ، أى بدون تلقيح .

وقد ينقسم التكاثر بشكل آخر إلى :

١ – تكاثر بالولادة Viviparous يتصل فيه الجنين بمشيمة أولية تتصل برحم الأنثى كما فى بعض أنواع القروش .

٢ – تكاثر ولادى بيضى Ovoviviparous وفيه تبقى البيضة المخصبة فى الرحم دون اتصال مع جدار الأم .

٣ – تكاثر بيضى Oviparous بأن تضع الأنثى البيض الذى يخصب خارجيا وينمو خارج الأم ، وهو النظام الأكثر شيوعا بين السمك .

ويتم الإخصاب فقط فى وجود الماء ، ويفقد الحيوان المنوى حركته فى الماء بعد ٠,٥ – ٢,٠ دقيقة أى يصبح غير قادر على الإخصاب . ومعظم الأسماك فى الماء العذب من واضعى البيض الذى ينمو تحت

نظامين :

الأول : وهو الأكثر انتشارا ، بأن يوضع البيض عشوائيا على مهد للتبويض Spawning beds ثم يلقح من ذكر أو أثنين ، ويترك لينمو ويفقس بدون رعاية ، لذلك تضع هذه الإناث أعداداً كبيرة من البيض (عدة آلاف كثيرة) .

الثاني : تكون الذكور أعشاشا ممهدة للبيض ، وتقوم على رعاية البيض وصغار الفقس ، لذلك تضع الإناث فى هذه الأنواع آلافا قليلة من البيض ، إذ أن فرصة حياتها أكبر (مما فى النظام الأول) ، وقد تكون الرعاية فى هذه الطريقة جزئية وقد تكون من الأنثى كذلك .

الخصوبة : Fecundity :

تعرف بأنها عدد البيض الناضج والجاهز فى مبيض الأنثى للوضع وذلك قبل الوضع مباشرة . ويتوقف حجم القطيع لسنة ما على عدد البيض الموضوع أو عدد الأجنة ، فالخصوبة محددة للإنتاجية . والخصوبة فردية ونسبية ونوعية ، فالخصوبة الفردية individual fecundity أو المطلقة absolute تشير إلى عدد البيض للجيل لنفس السنة فى المبايض أو المفروض وضعه فى سنة . والخصوبة النسبية relative fecundity عبارة عن عد البيض لكل وحدة وزن جسم للسمك . والخصوبة النوعية specific fecundity تعنى عدد البيض الذى تضعه الأنثى من نوع معين خلال حياتها ، والخصوبة للعشيرة Population fecundity تعنى مجموع البيض الذى تضعه إناث العشيرة فى موسم وضع معين .

وقد يوضع البيض مرة واحدة أو على دفعات حسب الأنواع . وعليه فالخصوبة تعنى عدد البيض الناتج من الأنثى فى السنة ، وللأنواع عديدة الوضع spawning فى السنة فتعنى عدد مرات وضع البيض ومتوسط عدد البيض فى كل مرة وضع . وإنتاج البيض يشير إلى وزن البيض أو المكافىء الحرارى للبيض الموضوع فى السنة . وتقاس الخصوبة عادة بعدد البيض الموضوع ، وعمليا تقاس بعدد البيض الناضج فى المبيض مباشرة قبل وضعه على فرض أن البيض الناضج الممتص أو المستبقى عدده قليل . وترتبط الخصوبة بصفات الأم من طول ووزن وعمر ، فهناك علاقة قوية بين الخصوبة والطول للسمك تمثلها العلاقة التالية :

$$F = a L^b$$

$$\log F = \log a + b \log L$$

حيث F الخصوبة ، L طول السمك . كما يؤثر وزن السمك (W) على خصوبته (F) بعلاقة خطية كذلك :

$$F = c W^d$$

$$\log F = \log c + d \log W$$

حيث a , b , c , d ثوابت .

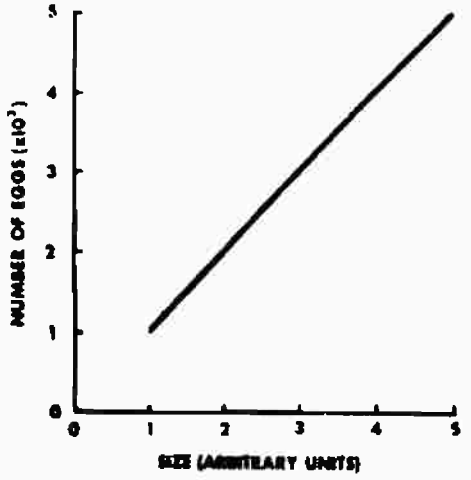
ويفضل لدقة هذا المقياس الأخير الاعتماد على وزن السمك بدون مبايض Somatic Weight حيث أن السمك زائد الخصوبة سيزن أكثر لو أخذ الوزن الكلى فى الاعتبار بدلا من الوزن الجسدى بدون مبايض .

ويؤثر عمر السمك كذلك على الخصوبة ، وإن كان فى معظم الأنواع تتأثر الخصوبة بكل من حجم وعمر السمك . ولتحديد تأثير العمر يجب استبعاد تأثير الحجم (طول ، وزن) إحصائيا . وإذا جرى ذلك يكون تأثير العمر على الخصوبة ضئيلا أو معدوماً أو عاليا معنويا حسب نوع السمك .. ففى أنواع البلطى هناك اتجاها لخفض تكرارية وضع البيض بتقدم العمر نظرا لزيادة نسبة الأنسجة الضامة فى المبيض مع خفض نسبة النسيج الجرثومى Germinal tissue . كما ينضج السمك جنسيا عند بلوغ طول معين (وربما محتوى دهنى معين) وليس عمرا معينا .

اختلاف الخصوبة قد يعكس اختلافات حجم البيض فقد يزيد حجم البيض بنقص الخصوبة لكن ذلك يتوقف على نوع السمك وموسم التكاثر . وينسب حجم البيض لكل جرام وزن جسم سمك . الاختلافات داخل النوع فى عدد البيض لكل جرام وزن جسم ترجع أساسا إلى حجم البيض . وفى بعض الأنواع توجد علاقة ارتباط موجب بين حجم البيض وحجم السمك . وتظهر الخصوبة اختلافات فردية وسنوية وجغرافية . فقد تنتج الإناث المتماثلة فى الحجم إنتاجية بيض متباينة وقد يرجع ذلك للعمر ولحجم البيض ويرجع أساسا للتأثيرات الوراثية والبيئية على الخصوبة . والاختلافات داخل السنة (الموسمية) فى العشيرة ترجع أساسا للبيئة أكثر من رجوعها للتغييرات الوراثية . وقد سجلت اختلافات معنوية داخل العشيرة للإناث المتماثلة الحجم .

وسجلت خصوبة أسماك القرموط بحوالى ٨٩٦ – ٤١٦٨ بيضة بمتوسط قدره ٢٠٨٤ بيضة / أنثى . وفى أحد أنواع العائلة البورية Liza subviridis بلغت ٤٠ – ١٤٥ ألف بيضة . وفى أحد القوابع Cuckoo ray بلغت الخصوبة ٩٠ بيضة فى السنة . ويرتبط حجم البيض بالنمو بعلاقة لوغاريتمية كما قدر يرتبط مباشرة بمستوى التغذية ، كما أن زيادة كثافة السمك تحد من تطور البيض بغض النظر عن ارتباطه بالتغذية أو عمر السمك ، كما أن عرض مبايض الإناث فى أول موسم تناسك من عشيرة منخفضة الكثافة (معدل التخزين) كان أعرض معنويا عنه فى حالة زيادة كثافة العشيرة ، ونفس الشىء بالنسبة لأبعاد المبيض الأخرى من طول وارتفاع ، فقد تأثرت بكثافة السمك فى المياه . وعموما فهناك ارتباط معنوى بين حجم المناسل ووزن المبايض وكذلك بين وزن المبايض ووزن الجسم الكلى . ولم يختلف معنويا الفرق بين الإناث فى أول تناسل وتلك فى ثانى تناسل لها بالنسبة لخصوبة أو حجم البيضة عند ثبات كثافة تخزين السمك فى الماء ، لكن خصوبة الإناث زادت فى أول وثانى تناسل لها عند انخفاض كثافة التخزين عنه عند ارتفاع معدل التخزين .

وقد تظهر بعض الأسماك نوعا من العقم أو عدم تمام الخصوبة infertility ولو لفترة ، فقد أظهرت دراسة مبايض المبروك الناضج جنسيا نوع من الامتصاص البطىء أدى إلى عقم تام لثلاثة مواسم وضع بيض على الأقل .



علاقة عدد البيض (الخصوبة) بحجم السمك (نظريا)

والعوامل المحددة للخصوبة يمكن إيجازها فيما يلى :

١ - الغذاء :

أهم عامل بيئى يحدد الخصوبة ، وعليه تزيد الخصوبة بزيادة حجم السمك أى بحسن تغذية السمك فتنمو بحجم أكبر لتكون أكبر إنتاجية تناسلية عن الأسماك فقيرة التغذية . فوفرة الغذاء ترتبط بزيادة الخصوبة والطاقة / جرام مادة جافة من البيض لكن ليس بوزن البيض والطاقة / بيضة أو وزن الجنين . وانخفاض الخصوبة ربما يرتبط بنقص العلف كمية أو نوعا . كثافة الإناث العالية تؤدى إلى نقص الوزن الكلى للبيض وخفض الخصوبة لكن البيض أكبر حجما (عنه فى حالة الكثافة المنخفضة للإناث) وذلك لعدم وفرة الغذاء للارتباط السلب بين الكثافة للقطيع ووفرة الغذاء .

وفى حالة نقص طاقة الغذاء يحدث نوع من الإتزان بين النمو الجسمى والجنسى . ولم يكن لمستوى الطيقة تأثير على حجم البيض ، وربما يعمل الكبد كمنظم بين البيض والجسم ، لذلك تظل المبايض تنمو حتى مع انخفاض الطاقة المستهلكة لبعض أنواع السمك ، إذ تستمد طاقة نمو المبيض من مخزون الجسم لانخفاض استهلاك الغذاء شتاء . لكن ارتفاع معدل استهلاك الغذاء قبل موسم التناسل يؤدى إلى أن تبدأ الأنثى تناسلها فى حجم كبير ، وبالتالى تزداد خصوبتها فى كل مرة وضع بيض ، ثم يؤثر الغذاء فى اثناء موسم التناسل عل كل من عدد البيض / وضع ، وكذلك على عدد مرات الوضع ووزن البيض (الجاف) .

٢ - درجة الحرارة :

تؤثر على معدل نضج المبايض لكنها قد لا تؤثر على الإنتاجية التناسلية أو الخصوبة رغم أنه فى بعض الأنواع توجد علاقة ارتباط سلبى ما بين درجة حرارة الماء والخصوبة . وانخفاض درجة الحرارة فى

أثناء وضع البيض قد يودى إلى نقص عدد البيض الموضوع . فالحرارة يختلف تأثيرها باختلاف أطوار دورة المبيض . ولما كان معدل استهلاك الغذاء مرتبطا بدرجة الحرارة فإن انخفاض درجة الحرارة ربما يخفض من الخصوبة لنقص استهلاك الغذاء .

٣ - الضوء :

يتحكم فى نضج المبايض إلا إنه قد لا يؤثر على خصوبة العشائر الطبيعية ، إلا أنه تحت الظروف التجريبية فالتحكم فى فترة الإضاءة يمكنها قصر أو إطالة موسم التناسل .

٤ - عوامل أخرى :

كالإصابة بالطفيليات والملوثات البيئية والتى تخفض بعضها من الخصوبة وتثبط نضج المبايض . وأسلوب التكاثر ذاته ، فأسماك الحفش تصل نسبة حيوية أفرادها حتى دور البلوغ أقل من ٠,٠١ ٪ ، فالأسماك غير الحارسة لبيضها تجعله يتعرض للتيارات المائية والتقلبات المختلفة فيهلك معظمه ومحصلة ذلك انخفاض الخصوبة للنوع . وتزيد الخصوبة الفردية بزيادة حجم السمك . وتقل الخصوبة فى الأنواع التى تتغذى على بيضها .

مجهود التناسل : Reproductive Effort :

يعبر عنه بمحتوى طاقة البيض بالنسبة محتوى طاقة العلف المستهلك فى الفترة بين مرتين وضع بيض، وذلك كنسبة مئوية ، وقد يطلق عليها كذلك الكفاءة الكلية لإنتاج البيض . وطاقة البيض فى المتوسط ٢٣,٤٨ كيلو جول / جم بيض مادة جافة . وهناك ارتباط موجب بين مجهود التناسل وعدد البيض لكل وضع . وهناك علاقة عكسية بين معدل النمو ومجهود التناسل ، علما بأن معدل النمو يرتبط إيجابيا مع العليقة وسلبيا مع وزن الجسم .

ويتطلب نسيج الخصى طاقة أكبر لإنتاجه عما تتطلبه أنسجة المبيض فى بعض الأنواع والعكس صحيح فى أنواع أخرى .

وتوجد علاقة بين معدل بناء البروتين فى خلايا الكبد والحالة التناسلية ، إذ كانت أعلى فى الأناث الناضجة فى موسم التناسل بمعدل ٥٠ ٪ عنه فى الإناث غير الناضجة والذكور ، مما يؤدى لفروق فى الاستفادة من الطاقة الميتابوليزمية . وتوجد اختلافات موسمية فى معدلات الميتابوليزم (لا تعتمد على درجة الحرارة) فى عديد من الأنواع السمكية مع أعلى معدل ميتابوليزم على مدار العام يلاحظ فى أثناء فترة التناسل ، نظرا لتكوين السبرمات والبويضات .

وبتقدم العمر يزيد حجم السمك ، وتختلف نسبة الأحماض الأمينية فى الأنسجة المختلفة ، فأثناء نضج المناسل تنخفض نسبة البروتين والجليسين المكونين بنسبة كبيرة للكولاجين فى الأنسجة الضامة وذلك لزيادة حجم الخلايا الجرثومية فتنخفض نسبة النسيج الضام فى المناسل . والليسين والهستيدين والأرجنين تزيد

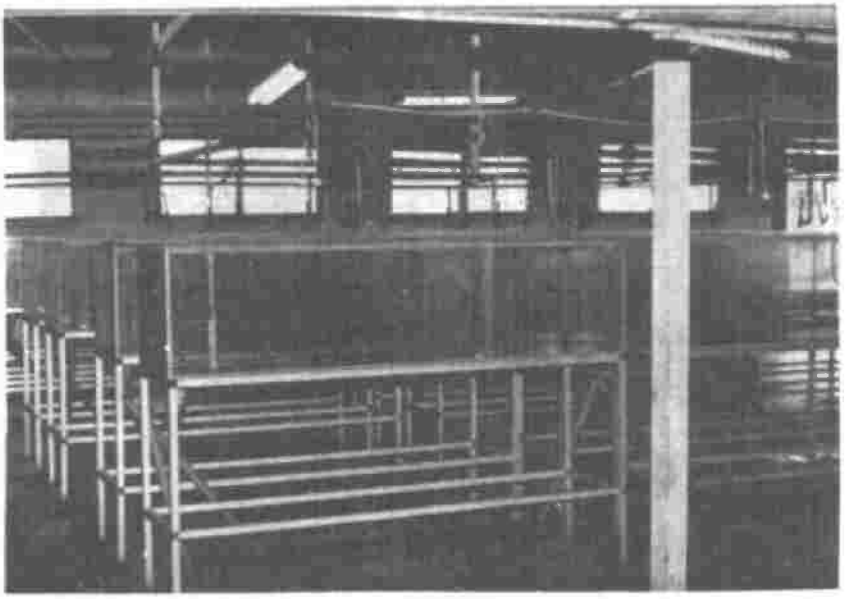
فى التركيز فى الخصى ، بينما يزيد الليسين والإيزوليسين فى كلا الجنسين .

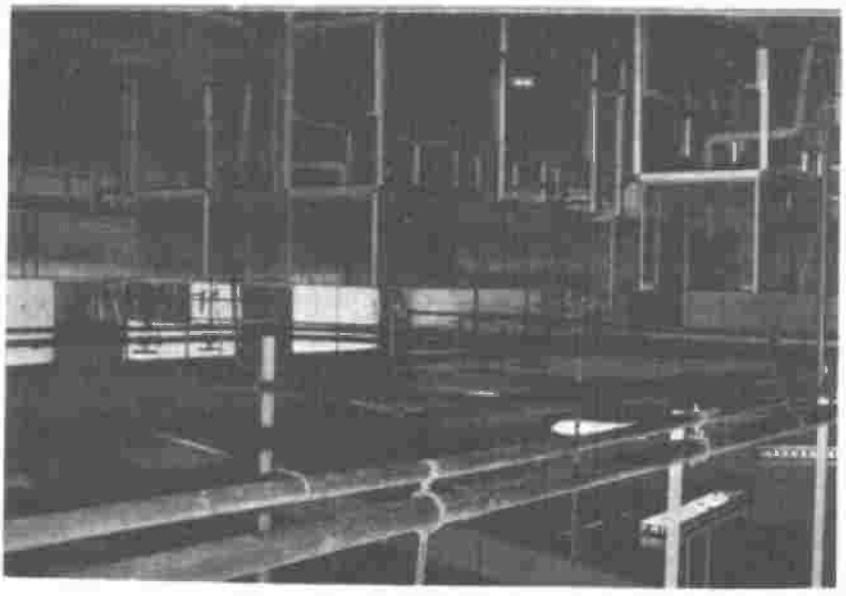
يقل محتوى الدهون فى المبيض فى مرحلة اكتمال التبويض ، بينما تظهر الأنسجة الأخرى زيادة معنوية فى المحتوى الدهنى ، ومرة أخرى يزيد المبيض فى محتواه الدهنى زيادة معنوية فى مرحلة عدم النضج عقب مرحلة اكتمال التبويض بينما يظهر النسيج الدهنى نقصا معنويا . وبزيادة حجم البيض (لزيادة حجم السمك) يزداد محتواه من الدهون ، بينما بيض السمك الأصغر طولا وحجما يكون أقل وزنا واحتواء على المادة الجافة والدهون والأزوت .

وينخفض محتوى الزنك فى بيض السمك منخفض نسبة الفقس . وهناك تداخلات ما بين حمض الأسكوربيك والمعادن النادرة فى أثناء دورة التناسل فى السمك بما يؤثر على حيوية البيض . فيرتبط تركيز حمض الأسكوربيك فى المبايض بدورة التناسل فيزيد خلال النمو المبكر للمبيض وتكوين بروتين البيض Vitellogenin (من الكبد) يليه انخفاض فى نهاية المراحل قبل التبويض . فيبلغ تركيز الڤيتامين فى بيض المبروك ما بين ٩٢ و ٢٠٣ ميكروجرام / جم وزن رطب وفى البكلا (القد) ٨٠ - ٥٣٠ ميكروجرام / جم مما قد يجعل له دورا فى تخليق وتنظيم هرمونات الجنس والنضج الجنسى لإناث الأسماك . وتركيز الڤيتامين فى الخصى أقل مما هو فى المبيض ، فهو فى خصى المبروك ٦٢ ميكروجرام / جم وفى خصى البكلا ٥ - ١٠ ميكروجرام / جم . والبيض جيد الفقس يحتوى حمض اسكوربيك بتركيز أعلى من البيض فقير الفقس ، وهذا راجع لتغذية الأمهات ، مما يشير إلى تأثير الڤيتامين على انقسام جنين السمك . وقد وجد ارتباط شديد بين تركيز حمض الأسكوربيك وتركيزات الحديد والزنك فى المبيض خلال تطور المبيض مما يؤدى للاعتقاد فى قيام الحديد والزنك بدور وظيفى بيولوجى فى المبيض للسمك مرتبطا بحمض الأسكوربيك . وبالتبويض ينخفض محتوى المبيض من حمض الأسكوربيك .

التكاثر الطبيعى Natural Reproduction :

فى المياه المفتوحة يتم التكاثر بين الأسماك طبيعيا دون سيطرة وتدخل الإنسان ، بينما فى الاستزراع السمكى قد يكون أيضا غير مسيطر عليه Uncontrolled ، وكل ما يجرى هو نقل الزريعة من مصادرها الطبيعية إلى المزارع (كما فى العائلة البورية) ، أو أن يتم عمل أحواض خاصة للتفريخ الطبيعى ثم تجمع منها اليرقات (إذا كانت كثافة تخزين الحوض عالية) أو تستمر لرعايتها فى ذات الحوض (كما فى حالة المبروك العادى) . أو أن يكون التكاثر طبيعيا ومتحكما فيه Controlled natural breeding ، أى نصف صناعى Semi - artificial كما فى البلطى الذى يترك فى أحواض ليبيض ويخصب البيض ، وقبل أن تخرج الأمهات الزريعة من فمها مباشرة قد تنقل إلى أحواض أخرى لجمع الزريعة بها ، وغالبا فى أحواض وضع البيض توضع الأمهات المنتخبة البالغة وبعدد يتناسب مع الذكور ، فقد توضع ٣ أمهات لكل ذكر فى الحوض (جيد صفات الماء واللازمة للتناسل) وعادة تكون أحواض وضع البيض صغيرة المساحة (٢٥ - ٣٠°م) أو زجاجية ، وأحواض الفقس Hatching تكون عادة أكبر من أحواض وضع البيض (٢٠ ضعف المساحة) ومياهها جيدة التغذية .





أحواض زجاجية للتفريخ نصف الصناعى (طبيعى تحت السيطرة) فى البلطى

التكاثر الصناعي Artificial Reproduction :

كان استخدام التلقيح الصناعي أول ما استخدم في الأسماك وذلك في القرن الخامس عشر ، وقد أمكن حفظ السائل المنوي لأسماك البليس والسالمون مدة حوالي عام على درجة حرارة – ١٩٦°م دون فقد نشاطه الإخصابي . وقد تم تجريب ونجاح إجراء التكاثر الصناعي في بعض أنواع السمك ويجري على مستوى تجاري في المبروك والسالمون وغيرها . والتكاثر الصناعي يعطي فرصة لبقاء الأنواع التي لا تتكاثر في الأسر أو بعيدا عن مواطنها الأصلية ، كما يساعد في إنتاج الأنواع المحسنة ، وفي مواجهة احتياجات الاستزراع السمكي وإثراء الأجسام المائية الطبيعية . ويتوقف التكاثر الصناعي على عدة خطوات هي :

١ – اختيار الآباء الناضجة .

٢ – الحقن بخلاصة الغدة النخامية .

٣ – جمع السائل المنوي والبيض .

٤ – إخصاب البيض .

٥ – تحضين البيض المخصب .

٦ – رعاية اليرقات .

فتختار الأسماك الناضجة كبيرة الحجم المتمتعة بصحة جيدة والتي قد تظهر عليها علامات الاستعداد لوضع البيض ، مثل استدارة البطن وطراوتها واحتقان الفتحة التناسلية واحمرارها مع عدم استواء حافتها، وقد تحتقن كذلك فتحة الشرج وقد تتلون البطن باللون الأحمر في بعض الأسماك النهرية ، وقد تظهر بعض الأسماك لونا خاصا بالتزاوج قبل التبويض . كما تظهر الذكور تساقط قطرات بسيطة من السائل المنوي بالضغط الخفيف على بطونها وقد تخشن المنطقة الظهرية من الزعنفة الصدرية ، وقد تطلق بعضها صوتا عند إخراجها من الماء .

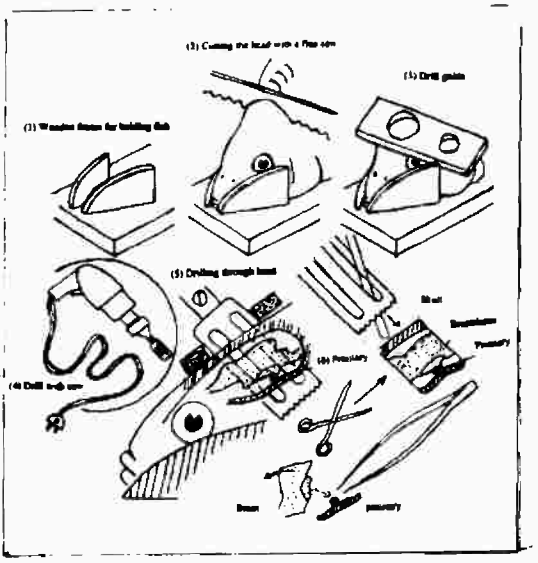
وقد لا تظهر الأسماك هذه الأعراض إلا بالتنبيه الهرموني ، لذا تحقن الأسماك (ذكورا وإناثا) بجرعة أو جرعتين من خلاصة النخامية ، وعادة يحقن السمك بجرعة مجزأة ٥٠ ٪ ، ٥٠ ٪ أو ٤٠ ٪ ، ٦٠٪ من الجرعة الكلية وبينهما ٦ – ٨ ساعات ، وقد تجزأ الحقنة إلى ٣ جرعات ١٠ ، ٣٠ ، ٦٠ ٪ أو ٢٠ ، ٣٠ ، ٥٠ ٪ من الجرعة الكلية بين كل منها ٦ ساعات . وقد طورت الهند والمجروأمريكا هذا الأسلوب وأنشأت بنكا للنخامية يطلب منه المستخلص في أي وقت . وتتوقف جرعة النخامية على حجم السمك كما تبينها العلاقة الثابتة التالية للمبروك :

القطر الأقصي للسمك سم	٢٨	٤٠	٤٢	٤٤	٤٦	٤٨	٥٠	٥٢	٥٤	٥٦	٥٨	٦٠
جرعة النخامية الجافة مجم / كجم وزن جسم	٣,٠	٣,٣	٣,٥	٣,٥	٤,٠	٤,٣	٤,٥	٤,٨	٥,٠	٥,٣	٥,٥	٥,٨

ويتم الحصول عادة على الغدد النخامية من أسماك ناضجة حية يفضل أن تكون من نفس نوع السمك المراد تناسله صناعيا ، ثم يتم تجنيس الغدة أو طحنها ، ثم استخلاصها بمحلول ملحى (٠,٦ـ٠,٧٪ ملح طعام) لمدة نصف ساعة لإذابة الهرمون ، ثم يتم التخلص من فضلات النسيج الغدى بالطرد المركزى أو بالترسيب . وقد تجفف الغدد وتحفظ فى الاسيتون فى مجفف فى أنابيب مغلقة وقد تحفظ الغدد فى كحول مطلق على حرارة الغرفة أو فى ثلاجة ، كما يمكن حفظها بالتجميد . وعادة يتم الحقن بغدة / كجم وزن جسم بالحقن العضلى أسفل أول شعاع فى الزعنفة الظهرية بينها وبين الخط الجانبى وبعمق ٢ – ٣ سم باتجاه الجهة العليا من الجسم ، والذكور عادة تحقن جرعة واحدة فى توقيت الجرعة الأخيرة للإناث .

وقد يستعاض بتهيئة الظروف البيئية المحيطة عن المعاملة الهرمونية للتنبيه للتبويض ، مثل تهيئة العش لوضع البيض أو سطح صناعى لوضع البيض أو أماكن للإخفاء عند وضع البيض ، أو تهيئة الظروف البيئية الأخرى من درجة حرارة وأوكسجين ذائب ومستوى المياه وتوفير الجنس الآخر والتخلص من المفترسات .

وقبل التنبيه الهرمونى قد تخاط الفتحة التناسلية الأنثوية لمنع نزول البيض . وبعد التنبيه الهرمونى للإناث والذكور تخدر الإناث (بعد صيدها بشبكة مفتوحة الطرفين أو ملقف) بوضع قطنة مبللة بالمخـــدر



خطوات استخلاص الغدة النخامية من الأسماك

١ – عمل حاجز خشبى لزنق السمك .

٢ – قطع القحف (الرأس) بمنشار دقيق .

٣ – وضع مرشد خشبى للمثقاب .

٤ – مثقاب منشار .

٥ – ثقب خلال عظام الرأس .

٦ – تخليص النخامية من أسفل أنسجة المخ .

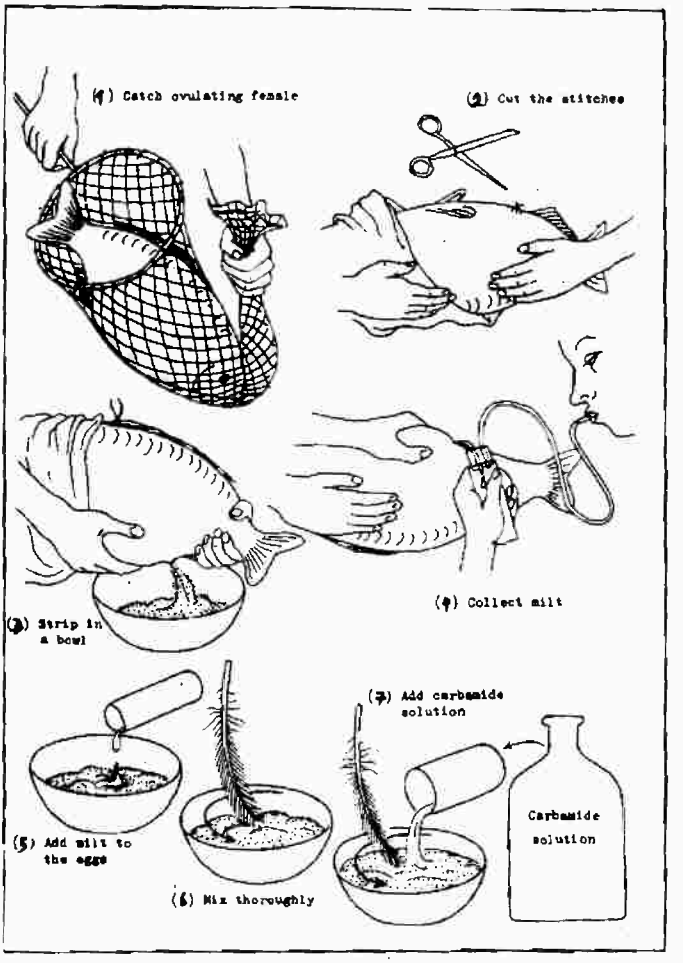
MS-222 في الفم ، ثم تدلك البطن في إناء ، سواء والأنثى موضوعة على منضدة أو ممسكة باليد وذلك بعد فك غرز الخياطة في الفتحة التناسلية . كما يسحب السائل المنوى من الفتحة التناسلية للذكر (بخرطوم رفيع يصل إلى زجاجة مسدودة ويخرج منها الطرف الآخر للخرطوم لسحبه بالفم) أو بالتدليك لإنزاله على نفس أنية جمع البيض . ثم يقلب بريشة ويضاف إليه محلول كارباميد ويقلب ٣ - ٥ دقائق ويضاف مزيد من محلول الإخصاب (كارباميد) ويقلب باليد ، ثم يغير محلول الكارباميد عدة مرات ثم يوضع البيض في محلول تانين (لترسيب البروتين لإزالة أغلفة البيض) . ويقلب باليد ٣ - ٥ ثوان ، ويغسل ٣ - ٤ مرات بالماء وينقل إلى الحضان الذى تختلف درجة حرارته (٨-٣٠°م) ومدة التحضين فيه (١٤ ساعة إلى ١٢ يوما) وتختلف اليوم - درجة فيه (من ١٦ إلى ١١٠) حسب نوع السمك . وبعد التحضين اللازم يفقس البيض فتخرج اليرقات . وقد يغسل البيض المخصب في معلق طمى لإزالة المادة اللاصقة كما في بيض الحفش .

والسائل المنوى بدون تخفيف قد يحفظ على حرارة الغرفة يوم بخصوية ٧٤ ٪ ، وعلى ١°م مدة ٤ أيام بخصوية ٦٨ - ٨٥ ٪ ، بينما على ١١°م يومين انخفضت خصويته إلى ١١ - ٣٦ ٪ وانخفضت إلى صفر بتخزين على ١٦°م لمدة يومين ، بينما حفظه على صفر°م لمدة ٨ أيام أعطى خصوية ٩١ ٪ وذلك بدون تخفيف ، وبالمخففات المختلفة تم حفظ الحيوانات المنوية للسالمونات لمدد حتى عام . ومتوسط تركيب بلازما السائل المنوى للسالمونات بالمجم / ١٠٠ مل كانت كالتالى :

صوديوم	بوتاسيوم	مغنسيوم	كالسيوم	كلور	فركتوز	بروتين	pH
١٤٠ - ٣٨٣	٧٨ - ٢٦٥	٨,٨٠-٠,٠٥	١ - ٥٠	٢٦٠ - ٥٥٢	٥,١-٧,٨	٠,٨-١٢,٥	٧,٣-٨,٣

ويضاف السائل المنوى بنسبة ٥ - ١٠ ٪ من حجم البيض . وقد يتكون محلول الإخصاب من ٣٠ جم يوريا مع ٤٠ جم ملح طعام في ١٠ لتر ماء ، ويستخدم بمعدل ٢ : ١ بالنسبة لحجم البيض الملقح . ومحلول التانين تركيزه ١٥ جم / ١٠ لتر ماء . وكثافة البيض المخصب في الحضان (الذى يتكون من أوانى زوج Zoug Jars سواء زجاج أو بلاستيك أو غيره) متباينة وهى للمبروك ١٢٠ ألف بيضة / لتر . وعادة يتم جمع البيض والسائل المنوى بعد حوالى ١٨ ساعة من آخر تنبيه هرمونى فى المبروك الموضوع فى أحواض ماء ساكن على ١٧ - ٢٠ °م .

وعقب وضع البيض في الحضانات يخفض معدل تدفق الماء بما لا يزيد عن ١ - ٢ لتر / دقيقة ويزداد تدريجيا . ويتم التحضين عى ٢٠ - ٢٤°م فيفقس البيض في ظرف ٤ - ٥ أيام للمبروك . وعند الفقس يكون في أوانى مبطنة بقماش ناعم كالبرلون



التكاثر الصناعى فى المبروك العادى

١ – صيد الإناث البيوضة . ٢ – فتح غرز الخياطة التي سبق عملها فى الفتحة التناسية

٣ – دلك البطن للحصول على البيض ٤ – جمع السائل المنوى .

٥ – إضافة المنى إلى البيض . ٦ – الخلط بريشة .

٧ – إضافة محلول الكاربامايد .

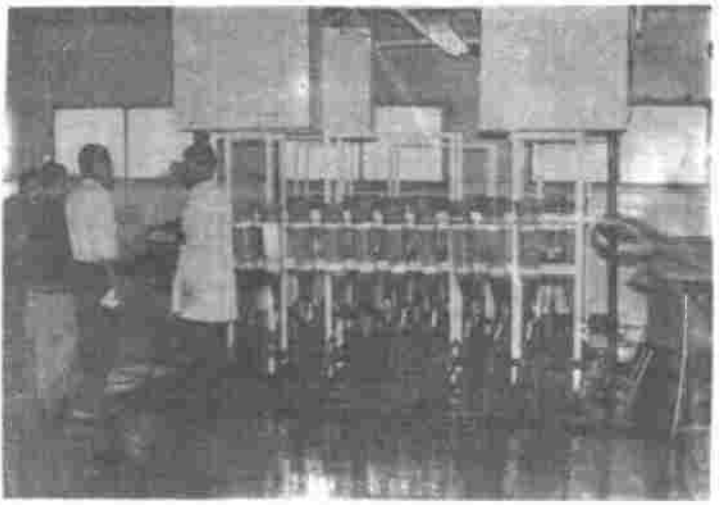
تبويض صناعي لأنثى سمك المبروك

عملية غسيل البيض المخصب

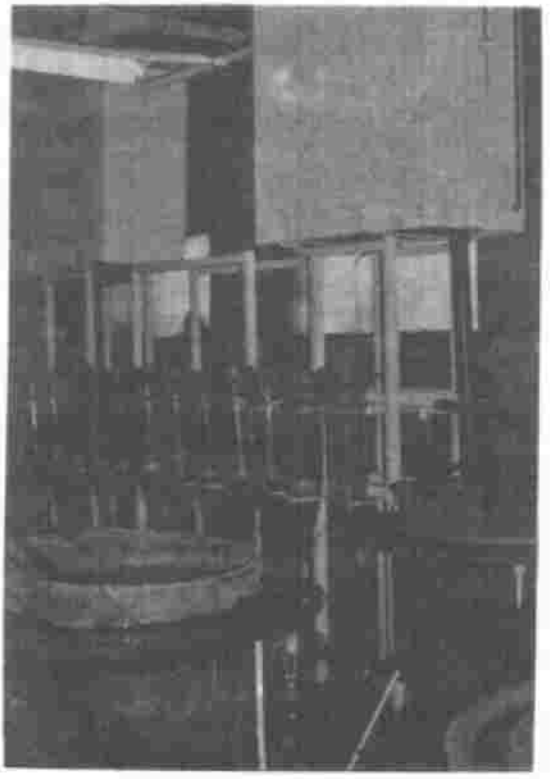
إزالة قشور البيض

ليسمح برقاد البيض في أول الفقس حتي يمتص كيس الصفار في مدة ٢ ـ ٤ أيام من الفقس – والفرق بين اليرقات Larvae والزريعة frys هو أن الأولى تتغذى ذاتيا على بقايا كيس المح ولا تسبح بطريقة السمك بل رأسيا، وتتحول اليرقة إلى زريعة عندما تبدأ في ملء مثانتها بالهواء وتعوم أفقيا بطريقة السمك وتأكل الغذاء الخارجي ، سواء الكائنات المجهرية (النباتية و / أو الحيوانية) الطبيعية الموجودة في نفس الأحواض أو النامية في أحواض خاصة وتنقل لتغذية الزريعة في أحواض رعايتها، أو يتم تغذيتها صناعياً على صفار البيض المسلوق أو بيض الجمبري (ارتيميا) والقشريات الدقيقة كأفضل أغذية لزريعة الأسماك.

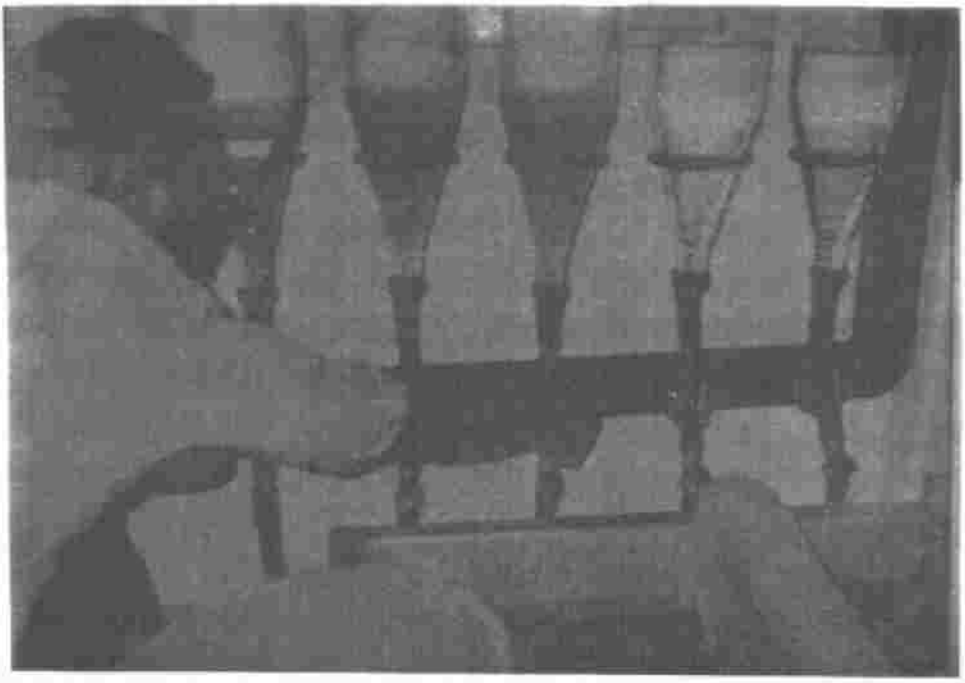
مفرخ متنقل – يوضح حوض إيواء الآباء وأوانى تحضين البيض المخصب وأوانى ضبط حرارة المياه



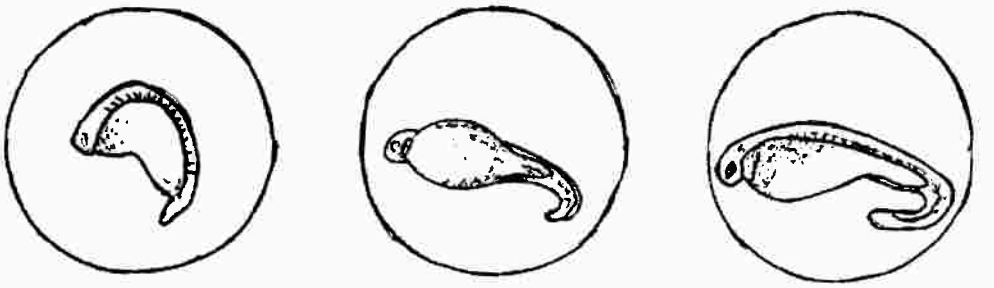
مفرخ ثابت



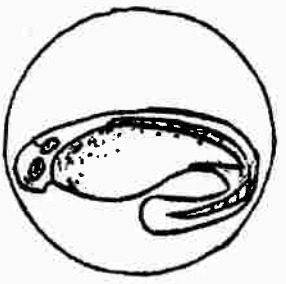
مفرخ سمكى



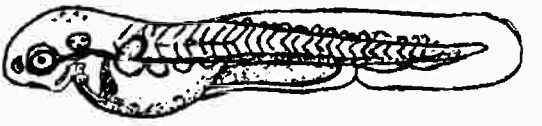
إناء زوج لتحضين بيض السمك ، لاحظ دفع الماء من أسفل لأعلى



Development of tail and head buds



Egg ready for hatching

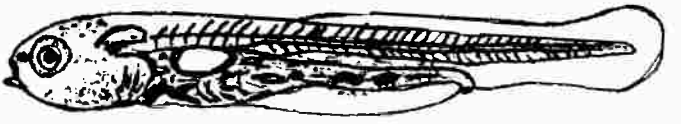


Freshly hatched larva

2- days old larva

3- days old larva

Larva ready for feeding



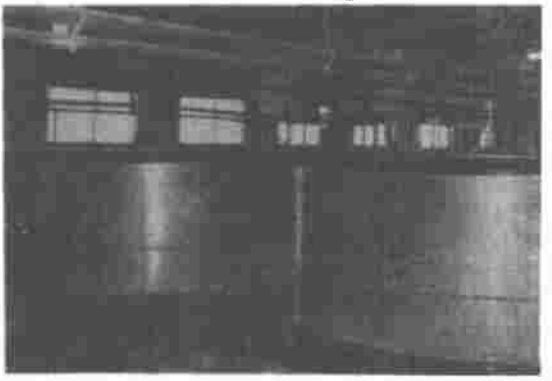
Fry

تطور الجنين واليرقة للأسماك

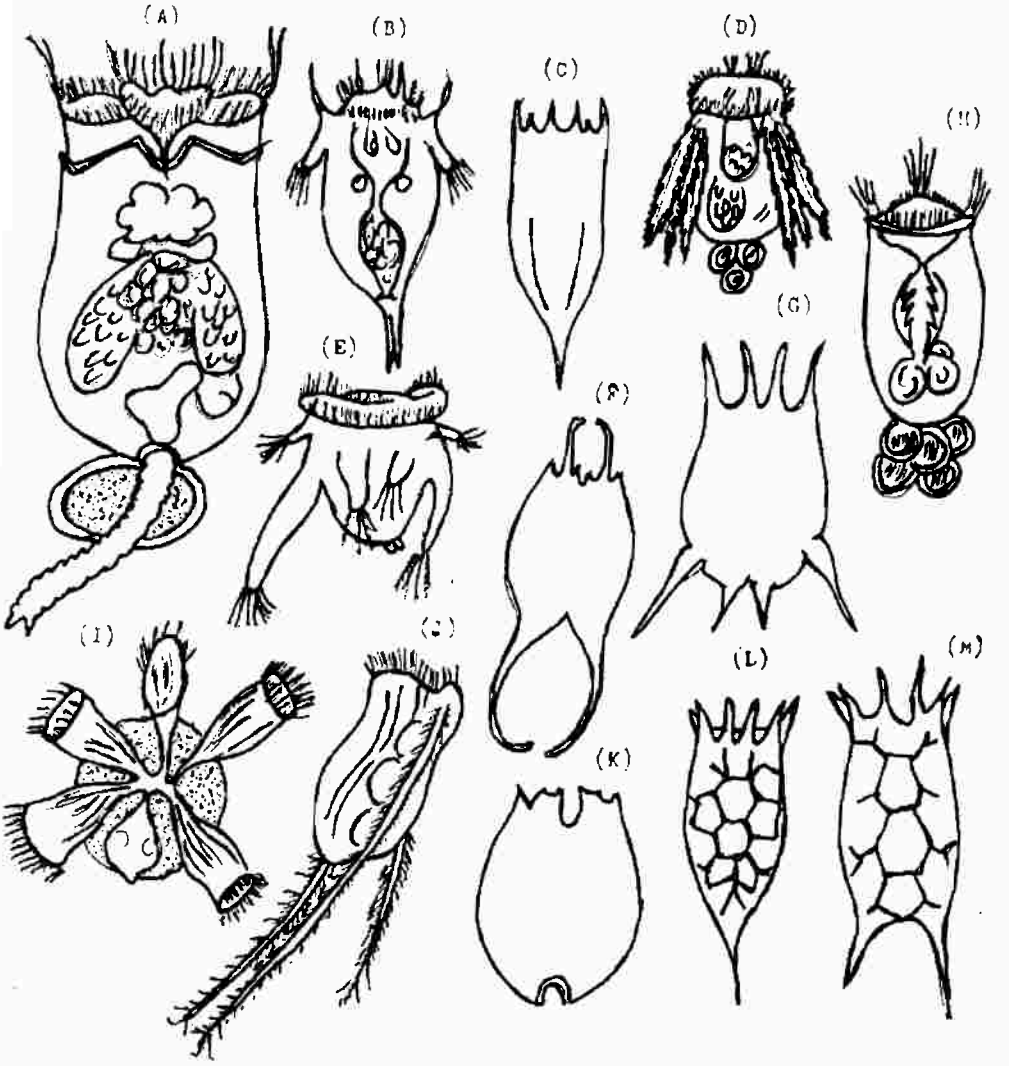
بداية من تطور الذيل والرأس فالاستعداد للفقس فيعطى البيض يرقات حديثة الفقس وتتطور حتى تصير قابلة للتغذية لتتحول إلى زريعة .

صناديق عد الزريعة

أحواض سمكية زجاجية وفيبرجلاس



أحواض معدنية لرعاية الزريعة

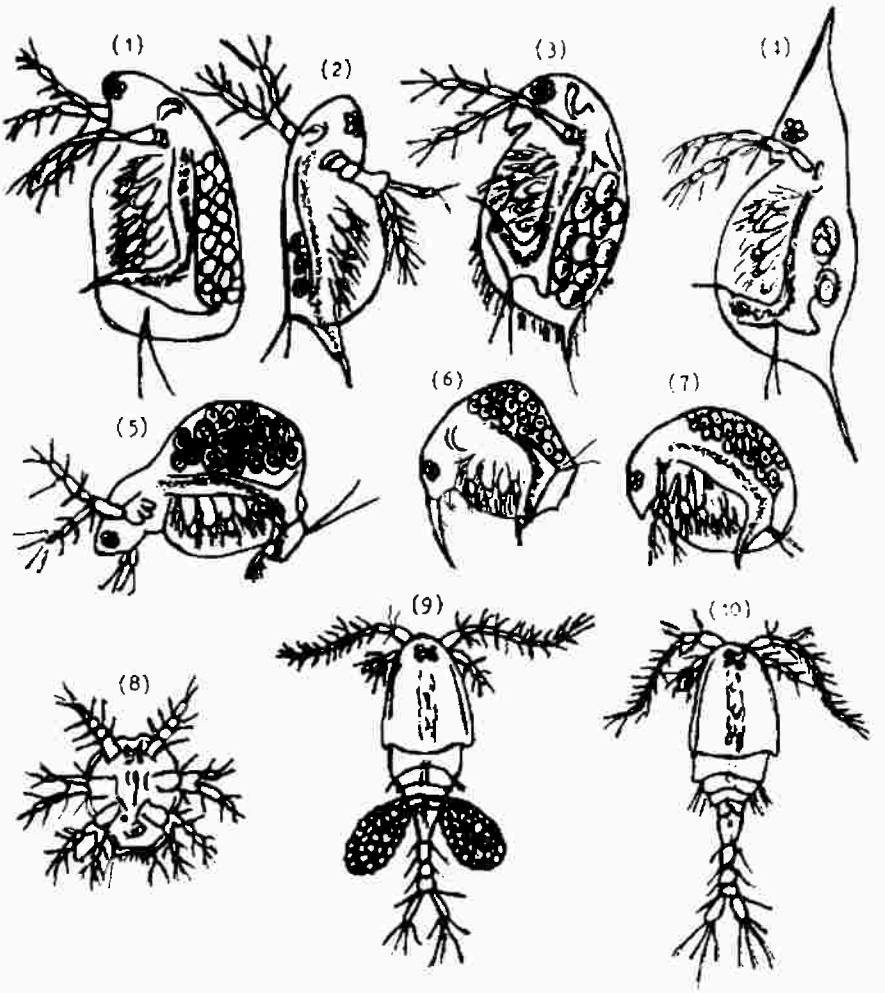


(A) Brachionus calyciflorus; (B) synchaeta sp.; (C) Notholca sp.;
(D) polyarthra platyptera; (E) Hexarthra mira; (F) Brachionus falcatus;
(G) Brachionus calyciflorus (shell only); (H) Asplanchna sp. ;
(I) conchilus sp. (colony); (J) Filina sp. ; (K) Brachionus angularis (shell) .
(L) Keratella cochlearis; (M) Keratella quadrata

اشهر انواع الروتيفيرات ، اهم غذاء طبيعى للزريعة.

1-7 Cladocerans

8-10 Copepods



(1) sida sp. ; (2) Diaphanosoma sp. ; (3-4) Daphnia sp. ;
(5) Moina sp. ; (6) Bosmina sp. ; (7) chidorus sp.:
(8) cyclops larva (nauplius); (9) Cyclops sp. with eggs :
(10) Cyclops sp. without eggs.

أشهر القشريات الدقيقة المجهرية

١ ـ ٧ : كلادوسيرانات ، ٨ ـ ١٠ : كوبيبودات

الفصل السادس
الجهاز الدورى والغدد الصماء

أولاً : الجهاز الدورى Circulation System

نظراً لمعيشة الأسماك فى الماء فيتحور جهازها الدورى لمواءمة هذه البيئة، كما تواءمت أجهزتها الأخرى من تنفسية وإخراجية وهضمية، وغيرها من أجهزة وأعضاء وشكل جسم الأسماك.

ويتكون الجهاز الدوري من القلب والأوعية الدموية، ويختلف شكل **وتركيب القلب** باختلاف الأسماك، فهو فى الأسماك العظمية مكون من ٣ حجرات هي جيب وريدى وأذين وكلاهما رقيق الجدارن ثم بطين مثلث الشكل سميك الجدران أسفل الأذين، بينما فى الأسماك الغضروفية يأخذ شكل حرف S ومكون من ٤ حجرات (جيب وريدى ، أذين ، بطين ، مخروط شريانى). ويقوم القلب بضخ سائل الدم أو اللمف الدموى فى حركة دائرية حاملا معه الأوكسجين (الوارد إلى الخياشيم) إلى كافة خلايا الجسم فى دورة انقباض Contract phase (Systole) ودورة انبساط Relaxation or filling phase (diastole) للتبادل الغازى لطرد ثانى أوكسيد الكربون (الوارد من خلايا الجسم) وحمل الأوكسجين فى الخياشيم وأوعيتها الدموية (أو الرئة فى الأسماك الرئوية). والدم الوريدى فقير بالأوكسجين يتجه من الجسم إلى الخياشيم (أو الرئة) مباشرة ومنها ينساب ثانية إلى الجسم فى الدم الشريانى.

وتختلف الأسماك كثيرا فى عدد ضربات القلب (كما يوضحها الجدول التالى لعدد ضربات القلب فى وقت الراحة) عن الحيوانات الأخرى :

الحيـــــوان	عـــدد ضربـــات القلـــب
ثعبان السمك	٤٦ – ٦٨ (على درجة حرارة ١٣ – ١٦°م)
عصافير الكناريا	٨٠٠ – ١٠٠٠
الفـــئـــران	٥٥٠ – ٦٥٠
الجـــــرذان	٣٥٠ – ٤٥٠
الـــرومـــى	٩٣
الفـيـــــل	٢٥ – ٣٠

ويختلف كذلك **حجم الدم** فى الأسماك فهو أقل عما للحيوانات الأخرى ، فهو للأسماك العظيمة حوالى ٢ ـ ٤ مل / ١٠٠ جم، وفي الأسماك الغضروفية حوالى ٦ ـ ٨ مل / ١٠٠ جم. ويتوقف حجم الدم الخارج من القلب على عمل الجسم، خاصة وأن قلب السمك واقع تحت تأثير الجهاز العصبى الباراسمبثاوى (الطرفى) بينما فى الحيوانات الأخرى يتصل القلب بالجهاز العصبى السمبثاوى (المركزى).

ويختلف **التركيز الأسموزى لدم السمك** طبقا للظروف البيئية المحيطة بالسمك ودرجة أقلمة السمك على هذه الظروف. وفى المتوسط يبلغ التركيز الأسموزى لدم الأسماك العظيمة أقل من ٢٠٠ ملى أوزمول فى المياه العذبة وأكثر من ٤٠٠ ملى أوزمول للأسماك البحرية. وعليه تبلغ درجة تجمد دم السمك ـ ٠,٦ °م للأسماك العظمية للماء العذب وحوالى – ٠,٧٥ °م للأسماك البحرية . وقد تبلغ درجة حرارة المياه القطبية الشمالية – ١,٦ °م وفى المياه القطبية الجنوبية –١,٨٦ °م ، لذا تتحصن الأسماك برفع تركيزها الأسموزى (لعدم تجمدها) بواسطة محتوى الدم من الجليكوبروتينات. **ويبلغ ضغط الدم** فى سمك الثعبان ٣٥ ـ ٤٠ فى الأورطى، وينخفض ضغط الدم بمعدل الثلث عند الخياشم، كما ينخفض بشدة فى الأوعية الضيقة.

تركيب الدم : يحمل الدم كثيرا من المركبات العضوية وغير العضوية من بروتينات ودهون ومعادن وفيتامينات وهرمونات، كما يحمل أجساما (كرات الدم الحمراء والبيضاء) والصفائح الدموية بجانب البلازما، ومصدر لون كرات الدم الحمراء يرجع لاحتوائها على **الهيموجلوبين** بما يحتوى من صبغة الهيم Heme المحتوية على الحديد. ويقوم الهيموجلوبين بنقل الأوكسجين إلى خلايا الجسم لقيامها بالأكسدة الخلوية ونقل ثانى أوكسيد الكربون الناتج من الميتابوليزم الخلوى. وقد تحتوى الأسماك أكثر من نوع من الهيموجلوبين وقد تغيب الهيموجلوبينات من دماء بعض الأسماك في القطب الجنوبى، كما تتباين الأسماك فى شكل وحجم كرات الدم الحمراء، وعليه تختلف النسبة الحجمية لجسيمات الدم hematocrit والتي تربط إيجابيا بمحتوى الدم من كرات الدم الحمراء وبالهيموجلوبين . وهيموجلوبين السمك ذو مقدرة عالية على امتصاص الأوكسجين لمواجه نقص ذائبية الأوكسجين فى الدم رغم انخفاض هيماتوكريت السمك لأقل من ٢٥ ٪ فى الأسماك الغضروفية وبين ٢٠ – ٣٠ ٪ فى الأسماك العظمية وإن بلغت فى بعض الأنواع البحرية حوالى ٤٢ ٪ وانخفاض تركيز الهيموجلوبين فى الأسماك إلى ٧ – ١٠ جم / ١٠٠ مل عادة. والأسماك العظمية فى المتوسط لها عدد كرات دم حمراء تبلغ ١ – ٣ × $١٠^{٦}$ / $مم^{٣}$ وإن بلغت أحيانا فى بعض الأنواع البحرية إلى ٤ – ٦ × $١٠^{٦}$ / $مم^{٣}$. وكرات الدم البيضاء فى المتوسط أقل من ١٥٠ ألف / $مم^{٣}$ وإن تباينت كثيرا حتى داخل النوع الواحد ، وأكثرها وجودا فى القراميط هى الثرمبوسيت ، وليمفوسيت ، والنيتروفيل ، وإن تواجدت المونوسيت فى دماء البليس.

وفيما يلى بعض قيم مكونات دم أسماك التراوت :

المكونات	الوحدة	التركيز
النسبة الحجمية لجسيمات الدم.	٪	٤٢,٨ ± ٠,٩
الهيموجلوبين	جم / لتر	٧٩,٥ ± ٢,٢
بروتين البلازما	جم / لتر	٤٩,٥ ± ١,٣
جلوتاميك اوكسالواستيك	وحدة / لتر	١١,١ ± ١,٦
جلوتاميك بيروفيك	وحدة / لتر	٢٣٦,٨ ± ٢٣,١
فوسفاتاز قاعدى	وحدة / لتر	١٧٢
كالسيوم بلازما	ملى مول / لتر	٣,٣٦ ± ٠,٠٨
ماغنسيوم بلازما	ملى مول / لتر	٠,٣٧ ± ٠,٠٢
فوسفور بلازما	ملى مول / لتر	٣,٩١ ± ٠,١٥
صوديوم بلازما	ملى مول / لتر	١١٦,٥ ± ٢,٦٢
بوتاسيوم بلازما	ملى مول / لتر	٢,٨٣ ± ٠,٢١
زنك	ملى مول / لتر	٠,٣٢ ± ٠,٠١
حديد	ملى مول / لتر	٠,٠٢٤ ± ٠,٠٠١
جلوكوز	مجم / لتر	٦٤٩
كلويسترول	مجم / ١٠٠ مل	٢٨٩

العوامل المؤثرة فى تركيب الدم :

يتباين كثيرا تركيب الدم باختلاف أنواع الأسماك وأعمارها وأحجامها، وحالتها الغذائية، والظروف المرضية، والأحوال البيئية المختلفة.

١ - **اختلاف الأنواع** : فمقارنة دم أسماك التونة بدم أسماك الماكريل نجد للتونة هيماتوكريت ٤٢ ـ ٦٦ ٪ وهيموجلوبين ١١ - ٢٢,٣ جم / ١٠٠ مل وعد كرات دم حمراء ٢,٣١ - ٤,٨ × $١٠^{٦}$/ مم٣ بينما فى الماكريل كانت هذه القيم على الترتيب ٢٦ - ٦١ ٪ ، ٧ - ٢٢ جم / ١٠٠ مل ، ١,٥ - ٦,١٣ × $١٠^{٦}$/ مم٣.

وفى دراسة أكبر لأنواع عديدة من رتب السمك المختلفة اتضح كذلك وجود فروق معنوية فيما بينها كما يظهره الجدول التالى :

تركيز بلازما الدم لرتب مختلفة من الأسماك البحرية من بعض الأيونات غير العضوية بالملى مول.

رتب السمك	تركيز الإلكتروليت				
	صوديوم	بوتاسيوم	كلور	كالسيوم	مغنسيوم
مستديرة الفم Cyclostomes	١٩±٤٦٢	١,±٩,٠	٢٢±٤٥٣	٠,٧±٦,٣	١٠,١
كاملة الرأس Holocephalans	٢٥±٣١٧	١,٢±٧,٩	١٨٤±٣١٩	٠,٤±٤,٣	٠,٨±٣,٨
صفائحية الخياشيم Elasmobranchs	١٢±٢٦٣	٠,٩±٤,٧	١٢±٢٥٥	٠,٣±٤,٠	٠,٥±١,٦
كاملة التعظم Teleosts	٩±١٧٧	٠,٩±٥,٤	١١±١٧٢	٠,٦±٣,٦	١,٥±٢,٦

٢ -**العمر و الحجم** : يرتبط محتوي الدم من الهيموجلوبين والهيماتوكريت والبروتين الكلى ترتبط جميعها إيجابيا مع طول سمك الفرخ متسع الفم ، كما ارتبط الهيموجلوبين واليهماتوكريت إيجابيا فى نفس السمك مع العمر . وقدرت محتويات دم هذه الأسماك فى حدود ٠,٩٨ - ٢,٧٦ × ١٠^٦ / مم^٣ كرات دم حمراء ، ٣,٠ - ٨,٧ جم / ١٠٠ مل هيموجلوبين ١٤٪ - ٥٧ ٪ هيماتوكريت ، ٣ - ٢١٦ مجم / ١٠٠ مل جلوكوز ، ٠,٨ - ١٨,٨ جم / ١٠٠ مل بروتين بلازما ، وتوقفت هذه الفروق المتسعة فى كل المكونات على عمر ووزن وطول السمك .

٣ - **الحالة الفسيولوجية والجنسية** : انخفض محتوي دم أسماك التراوت من عد كرات الدم الحمراء والهيماتوكريت والهيموجلوبين والتركيز الأسموزي للبلازما من أكتوبر إلى مارس، ووجدت فروق بين الجنسين فى كل التقديرات، ولم ترتبط هذه المقاييس بفترة الإضاءة ولا بدرجة الحرارة، إذ تقل هذه التقديرات فى أثناء وقت التناسل، كما زادت معنويا أعداد الثرومبوسيت بينما انخفضت اعداد خلايا النيوتروفيل. كما أظهرت الأسماك العظمية ارتباطا موجبا بين مستويات الهيموجلوبين والهيماتوكريت مع نشاط الأسماك، كما أعطت الأنواع الأنشط أعلى تركيز لجلوكوز الدم.

٤ - **الحالة الغذائية** : بتحسن الحالةالغذائية (بتقدم العمر) فيزداد ما تتناوله الأسماك من حديد فيزيد بالتالى محتوى هيموجلوبين الدم والهيماتوكريت بل وجلوكوز الدم كذلك. فقد وجد أن التراوت المغذى على مستوى عال من الكربوهيدرات كان له مستويات جلوكوز دم أعلى من تلك المغذى على علائق مرتفعة البروتين (والتى تعطى مستويات أعلى من الأحماض الأمينية فى الدم عنه فى مرتفعة الكربوهيدرات). وعند صيام التراوت ينخفض محتوى بلازما دمائها من البروتين والفوسفاتاز القاعدى . وقد كان هناك ارتباط معنوى بين معامل الحالة Condition Factor (المتوقف على حجم ووزن وعمر وبيئة السمك خاصة الغذائية) والأنشطة الإنزيمية المختلفة وكذلك تركيز البروتين. والتراوت المغذى يعكس انخفاضا فى نشاط إنزيم اللاكتات دى هيدروجيناز. وقد لايختلف تركيز جلوكوز دماء الأسماك الصائمة (مبروك ، ثعبان أوربى، ثعبان يابانى) نتيجة تخليق الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية Gluconeogenesis خاصة الأحماض الأمينية (فى البلازما والتى مصدرها البروتين الجسمى) .

٥ – **درجة الحرارة** : ثبت أن ارتفاع درجة الحرارة (٣٠٥ ـ ٢٣ °م) للتراوت يزيد من نشاط معظم إنزيمات السيرم (لاكتيك دى هيدروجيناز، هيدروكسى بيوتريك دى هيدروجيناز، جلوتاميك أوكسالو اسيتيك، وجلوتاميك بيروفيك ترانس ميناز، جلوتاميك دى هيدروجيناز، فوسفاتاز قاعدى، ليوسين امينو ببتيداز). بينما فى المبروك يؤدى انخفاض درجة الحرارة (فى شهور يناير وفبراير) إلى نقص معنوى فى تركيزات الصوديوم والبوتاسيوم والكلور فى الدم ، بينما زاد كالسيوم الدم وانخفض البروتين فى فترة نضج المبيض ووضع البيض. وبانخفاض درجة حرارة البيئة يزداد بروتين السيرم معنويا.

٦ – **تركيز الأوكسجين الذائب** : بإنخفاض تركيز الأوكسجين الذائب فى الماء انخفض ثانى أوكسيد كربون الدم واليوريا والبروتين الكلى وحمض اليوريك والكرياتينين والصوديوم والبليروبين الكلى فى دم أسماك القراميط ، بينما زاد نشاط إنزيم الفوسفاتازالقاعدى ومستوى الفوسفور والكالسيوم والكوليسترول والجلوكوز . فقد أعطي القرموط تركيزات مكونات الدم التالية :

مكونات الدم	الوحدة	المدى	المتوسط
ك أ٢	ملى مكافىء / لتر	٣,٨ – ٣١,٧	١٧,٨
جلوكوز	مجم / ١٠٠ مل	صفر – ١٦٨	٧٧,٨
أزوت اليوريا	مجم / ١٠٠ مل	صفر – ٣,٤	١,٤٤
بروتين كلى	جم / ١٠٠ مل	٢,٧ – ٦,٣	٤,٥
البيومين	جم / ١٠٠ مل	صفر – ١,٩٦	٠,٧٨
كوليسترول	مجم / ١٠٠ مل	٧٠ – ٣٤٥	٢١٢
حمض يوريك	مجم / ١٠٠ مل	صفر – ٢,٥	١,٣
كرياتينين	مجم / ١٠٠ مل	صفر – ٣,٧	١,٧٨
بليروبين كلى	مجم / ١٠٠ مل	صفر – ١,٤	٠,٤
صوديوم	ملى مكافىء / لتر	١٠٥ – ١٦٨	١٣٧
بوتاسيوم	ملى مكافىء / لتر	صفر – ٤,٦	٢,١١
كالسيوم	مجم / ١٠٠ مل	٣,٩ – ١٤,٥	٩,٢
فوسفور	مجم / ١٠٠ مل	٧,٦ – ٢٤,٨	١٦,٢

٧ – **الحالة المرضية والتلوث** : قد يقل تركيزات البروتين فى سيرم التراوت فى حالات الإصابة بالأمراض البكتريه والڤيروسية لكنه لا يزيد فى السمك المصاب بالتهاب الكبد hepatoma . ويتعرض أسماك التراوت لتلوث نيتريتى أدى إلى زيادة معنوية جدا فى تركيز نيتريت بلازما الدم وذلك بعد زيادة

تركيز الميتهيموجلوبين من ٣ إلى ٦٠ ٪ ، كما أدى هذا التلوث إلى انخفاض فى تركيزات البلازما من الصوديوم والبوتاسيوم والكلور، وبعد زيادة حجم كرات الدم الحمراء قل حجم الكرات الحديثة التكوين مع زيادة عددها وانخفاض محتواها الهيموجلوبينى.

التخدير والتهدئة : Narcosis & Tranquilization

لجمع عينات دم الأسماك لدراستها لابد من تهدئة السمك أو تخديره لسهولة سحب عينة الدم من القلب أو غيره من الأوعية الدموية ، لذلك تستخدم المهدئات Tranquillizers ومن بينها (مواد التخدير anaesthesia)

١ - كينالدين (كوينا لدين) Chinaldin or quinaldine وتركيبه الكيماوى عبارة عن كينولين (2 - 4 - methylchinolin) وهو زيتى ويستخدم فى حمام بتركيز ١ . ٠ مل / لتر.

٢ - MS - 222 وتركيبه الكيماوى TricaineMethanesulfonat وهو بللورات ذائبة فى الماء يباع فى صورة مسحوق، ويستخدم بتركيز ٥٠ - ١٠٠ مجم / لتر فى حمام لمدة ١ - ٣ دقيقة أو بالرش على الخياشيم. وقد يباع تحت اسم تجاري آخر (حسب الشركة المنتجة) وهو فينكويل finquil . وهو الأكثر والأسهل استعمال والأقل خطورة على السمك.

٣ - فينوكسى إيثانول Phenoxy Ethanol ، تراى كلورميثيل بروبانول Trichloromethylpropanol ، وتستخدم بتركيز ٠,٥ مل / مل من الأول ، ١ جم / لتر من الثانى.

وهذه المهدئات ووسائل التخدير لاتستخدم فقط عند سحب عينات الدم بل كذلك عند جمع السائل المنوى ووضع البيض (فى التفريخ الصناعى للسمك) وعند ترقيم السمك ونقله وعلاجه وتجنيسه ، وقد تستخدم للتسكين Sedation فقط دون تخدير حتى يقل معدل الميتابوليزم واستهلاك الأوكسجين وخفض إخراج نواتج الميتابوليزم إلى الماء ، كما يقلل الإضرار الطبيعية ، إذ أن الاضطرابات تؤدى إلى :

أ - إفراز الكاتيكولامينات Catecholamines (ابينفرين ، نورابنيفرين) من الجهاز العصبى السمبثاوي مؤديا إلى زيادة جلوكوز ولكتات الدم وسرعة ضربات القلب وزيادة سرعة التنفس ، تمدد الأوعية الدموية، وزيادة الحركة التقلصية .

ب - فراز الكورتيزول Cortisol من الكلى مسببا سحب البروتين وزيادة تخليقه وتثبيط النمو ، وزيادة إنتاج الجلوكوز من بروتين الأنسجة، وزيادة إنتاج ونشاط إنزيم Na^+ / K^+ - ATPase .

العوامل المؤثرة علي إستجابة السمك للتخدير :

يعمل التخدير من خلال تثبيط الجهاز العصبى المركزى، وهناك علاقة عكسية بين جرعة المخدر ودرجة رقى وتطور الحيوان وعليه فيحتاج السمك جرعة أكبر من المخدر عما تحتاجه الثدييات لإحداث نفس التأثير. وقد يؤدى استخدام المخدر إلى تسكين أو تخدير أو موت تخديرى Narcotic death على حسب الجرعة ومدة التعرض لها. وبشكل عام هناك ٣ طرق للتسكين والتخدير في السمك، إماباستخدام العقاقير والغازات، أو إحداث انخفاض فى درجة حرارة الجسم hypothermia ، أو التعرض لتيار كهربى. ويشترط فى المسكن أو المخدر من العقاقير والغازات أن تكون فعالة بجرعة منخفضة بعيدة عن الجرعة السامة . وإلا تسبب زيادة نشاط السمك مع سهولة نوبانها فى الماء ووفرتها بكم كبير مع أمانها للأشخاص.

والعوامل المؤثرة على كفاءة التخدير فى السمك هى :

١ ـ عوامل بيولوجية : نسبة مسطح الخياشيم لوزن الجسم (أى النوع) ، معدل الميتابوليزم (أى الحجم والوزن) ، الأسماك الزيتية (أى محتوى الدهن) ، محتوى الدهن (الجنس والنضج الجنسى)، فترة ما بعد الوضع (حالة الجسم) ،الحالة المرضية.

٢ ـ عوامل بيئية : كالحرارة، وتركيز أيون الأيدروجين والملوحة ومحتوى المعادن فى البيئة (مضادات الكالسيوم) .

فالأسماك التي مسطح خياشيمها إلى جسمها كبير يسهل تخديرها، كما أن الأسماك الكبيرة تتخدر أسرع من الصغيرة وفى البلطى مثلا تعود الزريعة لطبيعتها أسرع من البالغة رغم تخديرهم معا بنفس الجرعة، والأسماك الكبيرة أو فى موسم التناسل تكون دهنها أكثر، فعند تخديرها بمخدر ينوب فى الدهون benzocaine & MS 222 فإن تخديرها يطول وعودتها من التخدير تكون بطيئة، والأسماك المريضة والشاحبة تكون حساسة جدا للتخدير. ولا يؤثر التخدير على نمو السمك وتبويضه.

واستخدام benzocaine & MS 222 فى درجات الحرارة العالية يتطلب منها جرعة عالية لإحداث نفس التأثير بالجرعة المنخفضة على حرارة أقل. ويفقد Quinaldine كفاءته التخديرية بانخفاض pH، كما يضاد المستوى العالى من كالسيوم الماء الفعل التخديرى للباربيتورات barbiturates.

ويتم التخدير بالأستنشاق أو بالحقن ، موضعيا أو كليا.

التخدير بالاستنشاق Inhalation anaesthesia :

يستخدم مخدر سائل لاستنشاق السمك لدخوله لتيار الدم الشريانى كأقصر طريق للجهاز العصبى المركزى ويعودة السمك إلى ماء نظيف يخرج العقار أو ناتج ميتابوليزمه عن طريق الخياشيم ويتم التخدير بغمس السمك مباشرة فى إناء يحتوى على التركيز المناسب من مادة التخدير للمدة المناسبة ثم تجرى المعاملات أوتؤخذ المقاييس ثم توضع الأسماك فى إناء أخر به ماء نظيف قبل إعادتها للأحواض . فى حالة كثرة العمل الذى يتطلب إطالة مدة التخدير فقد يقف التنفس لذا يستخدم التنفس الصناعى وهناك طرق عديدة لتوصيل محلول المخدر إلى الأسماك بأن تمد السمكة فى فمها بمحلول المخدر مشبع بالأوكسجين ويجمع الخارج من الخياشيم ليضخ فى الإناء الأصلى المشبع بالأوكسجين وهكذا و ذلك بعد تسكين السمك بغمسه فى محلول المخدر ثم وضعه على حامل ويوضع فى فمه خرطوم محلول المخدر المزود بالأكسجين لإزالة ك أ٢ منه مع رش جلد السمك بالماء باستمرار إذا طالت العملية للمحافظة على حرارة الجسم وعدم جفاف الجلد.

ومن مواد التخدير المستخدمة فى التخدير بالاستنشاق قائمة كبيرة بعضها اختفى ولم يستخدم بعد منذ زمن بعيد مثل اليوريثان Urethane لأنه يسبب السرطان رغم فعاليته الجيدة فى التخدير وباقى المجموعة المستخدمة فى حالات معينة بروبوكسات propoxate بيسكائين piscaine ، سيكوباربيتال Seccobarbital ، إثير diethyl ether ، ٤ - ستيريل بيريدين 4 -S tyrylpyridine ، كما تستخدم أحيانا بفعالية كذلك صوديوم أميتال Sodium Amytal، صوديوم بنتوباربيتون Sodium pentobarbitone وهناك مجموعة أخرى فعالة لكن لها تأثيرات جانبية لذلك لا تستخدم الان بكثرة مثل كورال هيدرات Choral hydrate ، تيرتيارى كحول الأميل tertiary amly alcohol، ميثيل بارافينول methyl parafynol ، كلورفورم chloroform ، ترى بروميو إيثانول tribromoethanol ، كلور بيوتانول Chlorbutanol ، أما المجموعة الأكثر استخداما فتتكون من ترى كايين ميثان سلفونات Tricaine methane sulphonate MS 222، بنزوكاين Benzocaine، كوينالدين وكوينالدين سلفات Quinaldine and quinaldline sulphate ، ٢ - فينوكس ايثانول Phenoxyethanol - 2 .

١ - **فينوكس إيثانول** : سائل زيتى يحل بالرج مع كمية بسيطة من الماء. الجرعة ٠,٥ سم٣ / لتر (٣٨٥ مجم / لتر) تحدث تخديرا عاما ، بينما الجرعة الأقل تحدث تسكينا ، والسائل مضاد للبكتريا والفطر وهذا يفيد فى العمليات الجراحية، ويظل المحلول فعال على الأقل ٣ أيام.

٢ - **كوينالدين** : سائل زيتى يجب إذابته فى اسيتون كى يخلط مع الماء، غير فعال على pH5 أو أقل ، وتزيد فعاليته بزيادة pH (ورغم فاعليته فإنه مهيج وغير ذائب ومتلف للقرنية فى السالمونات) . سلفات الكوينالدين ذائبه فى الماء لكنها غير متوفرة تجاريا، رخص الكوينالدين جعله وسيلة شائعة الاستخدام فى جمع السمك.

٣ - **تري كاين ميثان سلفونات أو MS222** : استخدام مع كثيرمن الأنواع، حامضى سريع الذوبان فى الماء، انخفاض pH المحلول مهيج للسمك وقد نشر كثيرا عن العواقب الفسيولوجية لاستخدامه لزيادة جلوكوز الدم hyperglycaemia ، ونقص الاوكسيجين hypoxia ، وشلل عضلات التنفس hyperapnia ، وتغيرات فى اليكتروليتات الدم وهرموناته والكوليسترول واليوريا واللاكتات وحمض الاسكوربيك وإن كانت هذه التغييرات قد تحدث نتيجة تناول الأسماك. فعاليته بجرعة ١٠ - ٤٠ مجم / لتر للسالمونات وحتى ١٠٠ مجم / لتر للبلطى والقراميط.

٤ - **بنزوكاين(اثيل - ٤ - امينو بنزوات)** : شديد الشبة بمركب MS222 لكنه غير ذائب فى الماء، لذا يجب إذابته أولاً فى الأسيتون أو الإيثانول ويحضر منه محلول عمل بتركيز ١٠٠ جم / لتر فى زجاجة داكنة اللون يمكن حفظها على الأقل لمدة سنة. وفى المحلول فإن البنزوكاين متعادل وأقل ضررا عن MS222 رغم أنه له كذلك بعض الاثار الجانبية والجرعة الفعالة تماثل جرعة MS 222 أى حتى ١٠٠ مجم / لتر (بتخفيف محلول العمل ١٠٠ جم/ لتر).

٥ - **بروبوكسات** : له خواص تخديرية قوية تفوق مركب MS 222 مائة مرة. سريع التأثير بجرعة ٤ مجم / لتر (٣٠ - ٦٠ ثانية) بطيء (٥ - ٩ دقائق) بجرعة أقل (١ مجم / لتر) . وله تأثير علاجى فى نفس الوقت إلا أن العقار مكلف جدا لذلك فلا يعرف الكثير عن ميتابوليزمة وتأثيراته.

التخدير عن غير طريق القناة الهضمية Parenteral anaesthesia :

يفضل فى حالة طول مدة العمليات المتطلبة تخديرا أن تسكن الأسماك بالمخدر بالأستنشاق لمنع ضغوط التداول ثم توزن السمكة وتحدد الجرعة وتحقن فى غلاف الأحشاء فى البريتون Intraperitoneal أو فى الأوعية Intravascular أو فى العضل Intramuscular وأكثرها شيوعا الحقن فى التجويف البريتونى بإبرة رفيقة لامتصاص مادة التخدير خلال أوعية دم الأحشاء فيحدث التخدير ببطء. وفى السمك الكبير تحقن فى الأوعية بإبرة مناسبة سواء فى الشريان الذيلى أو فى تجويف زعنفى معين . كما تمتص الجرعة الصغيرة بسرعة لو حقنت فى العضلات الجانبية الحمراء فى بعض الأسماك المميزة لهذه المنطقة. وهناك قائمة عقاقير تخديرية عن غير طريق القناة الهضمية لكن المستخدم عمليا منها ٣ مركبات هى :

١ - **نيمبيوتال (صوديوم بنتوباربيتون)**

Nembutal (Sodium pentobarbitone)

محلول حقن فعال بجرعة ٤٨ - ٧٢ مجم / كجم في البريتون، ويستمر التخدير طويلا (٦ - ٢٤ ساعة) حسب الجرعة، ومشكلته بطء الاستشفاء من التخدير، وهو لا يفرز عن طريق الخياشيم مما يفسر طول مدة فعاليته، وقد يكون مميت لبعض الأسماك بجرعة ٦٠ مجم / كجم بينما

يخدرها بجرعة ٦ مجم / كجم.

٢ - **بروبانيديد (ايبونوتول)** (Propanidid (Eponotol : فعال بجرعة ٨ - ٩ مجم / كجم فى الثدييات بينما يلزم ٣٢٥ مجم / كجم لحقن التراوت فى البريتون لتخدير فعال فيستمر فعله حوالى ٢ر٥ ساعة. وهو لا يحدث ضغوطا كبيرة على التنفس كما تسشفى الأسماك نسبيا بلا مشاكل.

٣ - **الفاكسولون (سافان)** (Saffan (Alphaxolone :

عقار ممتاز للتخدير الطويل ومن مزاياه تنظيم وتقوية ضربات القلب كما يمد الأوعية الدموية بشكل عام مما يوفر الأوكسجين للدم ، والجرعة المنخفضة (١٢ مجم / كجم) ربما تحافظ على التنفس والدورة الدموية فى مستواها الأساسى - الجرعة العالية (فوق ٢٤مجم / كجم فى التراوت) ربما تؤثر على التنفس فتبطئه أو تمنعه كليه .

طرق كيماوية أخرى Other Chemical Methods :

قد يجرى التخدير بإضافة الكيماويات للغذاء أو إذابة الغازات التخديرية Narcotic Gases

١ - **الكيماويات فى الغذاء** : طريقة خالية نسبيا من أى ضغوط، فيغذى على عليقة مضغوطة محتوية على ديازيبام diazipam ومشكلتها بطء امتصاص المخدر عن طريق المعدة. وعدم إمكان التنبؤ بالكمية المستهلكة من المخدر.

٢ - **الغازات** : التخدير الغازى للسمك غير ممكن، إلا إذا كان الغاز ذائبا نسبيا فى الماء لكن الأسماك التى تتنفس الهواء كالقرامبط والثعبان وحيد الخياشيم يمكن تخديرها غازيا لكنها لم تجرب أو تختبر بعد .

فقد استخدم التخديربفاز ك أ٢ لكن كمسكن فى النقل لسهولة ذوبانه فى الماء، والتكنيك بسيط لا يتعدى دفع الغاز من أنبوبة خاصة إلى الماء لكن يصعب التحكم فى تركيزه النهائى فى الماء وصعوبتها كذلك فى حفظ تركيز أ٢ مع رفع تركيز ك أ٢ .

ويستخدم غاز الهالوثان halothane بفعالية فى تخدير السمك بجرعة ٠,٠٥ - ٠,٠٢ مل / لتر ويمكن تبخير الغاز وإذابته . ويتوقف التخدير على الجرعة ويمتاز بسرعة الاستشفاء من التخدير (٢ - ٥ دقائق) لكن صعب الذوبان فى الماء فيصعب التحكم فى التكنيك، ولذا قد تنال الأسماك جرعة هالوثان نقى مميتة.

طرق غير كيماوية Non Chemical methods :

يمكن تسكين السمك دون استخدام كيماويات وذلك بطريقتين :

١ - خفض درجة الحرارة Hypothermia :

تؤثر الحرارة على النشاط واستهلاك الأ فتنخفض معدل الميتابوليزم للسمك وكذلك على كفاءة تحميل الماء بالأوكسجين. فخفض حرارة الماء تهدىء أو تسكن السمك ويتم التبريد فى ثلاجات أو بإضافة الثلج أو استخدام الثلج الجاف (معزولا عن الماء كيماويا لكن متصل به حرارياً). وتتوقف كمية التبريد على التاريخ الحرارى السابق لنوع السمك وحرارة تأقلمه والمدى الحرارى المحتمل.

وقد استخدم هذا التكنيك فى النقل وتحدث حالات نفوق لا يعرف إن كانت ترجع لشدة التبريد أو للمهدئات الأخرى الكيماوية التى تضاف معها عادة .

وجد أن خفض درجة الحرارة ٦ °م يمكن استعمالها مع فقس البلطى المتأقلم على ٢٥ °م وخفضها أكثر يسبب نفوقا ملحوظا وعند استخدامها مع مخدر كيماوى (بنزوكايين) فإن الجرعة المؤثرة العادية يجب خفضها بمعدل ٣٠٪ .

٢ - تخدير كهربى

Electroanaesthesia (Electroimmobilisation) :

بديل للتخدير الكيماوى أن تستخدم الكهرباء، سواء تيار متردد أو مستمر ، فيؤدى إلى تسكين السمك. وقد استخدم لسنوات طويلة فى الصيد الكهربى ويطلق على التسكين الكهربى بالتيار المستمر Galvonarcosis فقد أمكن إحداث شلل للتراوت عمر سنة Yearling بوضعها فى حقل كهربى قوته ٠,٦ فولت / سم تيار مستمر فتتحرك الأسماك جهة القطب الموجب anode وتفقد اتزانها وتسكن بينما البلطى يتطلب تيار مستمر قوة حقلة حوالى ٣ فولت / سم لإحداث تأثير مشابهة وتستشفى الأسماك فى الحال لو خرجت من الحقل الكهربى أو قطع التيار.

أما التيار المتردد فلا يزول تأثيره بقطع التيار، ويتوقف تأثيره على شدة التيار من تسكين إلى تخدير electronarcosis ويختلف رد فعل السمك فى الحقل الكهربي على حسب شدة الحقل الكهربى ومدة التنبية الكهربى والشكل الظاهرى لجسم السمك.

وتتأثر الأسماك الكبيرة أسرع من الصغيرة والمهم هو فرق الجهد بين الذيل والرأس، فالأسماك الطويلة تلتقط فرق جهد أكبر من القصيرة، وعليه فيقف التخدير الكهربى إن لم تكن الأسماك موازية لاتجاه تدفق الأكترونات.

وميزة التخدير الكهربى تخفيض عبء الصيد بالشبك، سواء للسمك أو للعامل وقد لوحظ أن التخدير الكهربى يسبب تغييرات دموية شبيهة بما تحدثه مواد التخدير الكيماوية.

وقد استخدم التخدير الكهربى لمدة ٣٠ ثانية بتيار ١١٠ فولت على ٣٥٠ ملى أمبير . والتخدير الكهربى منافس مفيد للتخدير الكيماوى لضآلة التغييرات الفسيولوجية التى تسبب فيها عن تلك التى يسببها MS222 .

وعموما بعد توقف الأسماك عن العوم لتخديرها تنقل من حوض التخدير إلى قطن مبلل مع استمرار بلل القشور وحقن الفم والخياشيم بماء يحتوى المخدر بواسطة سرنجة. ويزول أثر التخدير فى ظروف ٥ دقائق (باستخدام MS222) من وضع السمك فى أحواض الاستشفاء ، ويمكن تحريك الأسماك إلى الأمام والخلف فى الماء مع المساعدة على التنفس والتدليك الخفيف للصدر من الخارج بالأصابع.

ولا يستخدم ماء الصنبور الطازج فى التخدير لاحتوائه على الكلور. هذا وقد يستخدم أكثر من مخدر فى نفس الوقت مثل الكوينالدين مع MS222 .

الآثار الجانبية للتخدير Side Effects of Anaesthetization :

رغم أن استخدام مركب التريكاين ميثان سلفونات (MS - 222) فى أثناء تجنيس وتزاوج القراميط لم يؤثر سلبياً على نجاح التبويض أو حيوية الزريعة ، إلا أنه قد تم تسجيل كثير من أعراض الضغوط Stresses الكيماوية على أسماك البلطى الموزمبيقى والمبروك العادى والسالمون التى خدرت بهذا المخدر كما ظهرت هذه الأعراض فى شكل تغييرات فى صورة الدم ، واستخدام هذا المخدر فى صورة متعادلة - (بالصودا الكاوية) تحسن صورة الدم وتعمل على ثبات الاتزان الحامضى / القاعدى وحجم وعدد كرات الدم الحمراء ، وقد ظهر أن التراوت يقاوم لحد كبير ضغوط هذا المخدر عن المبروك وعن البلطى .

وبزيادة جرعة الكوينالدين يقل استهلاك السمك للأوكسجين للأحجام المتوسطة ، بينما التركيز المنخفض مع الأسماك الصغيرة تزيد لحد ما من استهلاك الأوكسجين.

وتؤدى الجرعة الزائدة overdose من المهدئات عامة إلى قلق restlessness وسوء توجيه disorientation وتشنج convulsion وغيبوبة coma فنفوق death . وقد تؤدى الجرعة الروتينية إلى خفض خطير فى ضغط الدم serious hypotension . ولا يحدث التسمم فى التخدير الموضعى إلا إذا قابل الحقن بالمخدر عصباً بالصدفة.

منع التجلط Anticoagulation :

لتداول الدم الكامل للتحليل لصورة الدم من حيث الهيموجلوبين أو الهيماتوكريت أو عدد كرات الدم وتصنيفها ومحتويات الدم (الكامل) المختلفة ، أو للحصول على البلازما من الدم للتحاليل المختلفة ، يستلزم ذلك إضافة مواد مانعة لتجلط الدم وأهمها وأكثرها انتشارا واستخداماً هو الهيبارين heparin (رغم عدم ملاءمته للاستخدام عند إجراء تقديرات معينة) . وأفضل جرعة هيبارين استخدمت لدماء لأسماك الماء العذب هى ٤ مجم/ مل دم (أى ٥١٩ وحدة دولية / مل ، حيث إن الوحدة الدولية من الهيبارين تعادل ٠,٠٠٧٧ مجم) فأعطت أفضل نتائج . كما استخدم ملح بوتاسيومى من EDTA بتركيز ٢ مل (من محلول ١٥ ٪) / أنبوبة مفرغة . وقد تستخدم الأملاح المختلفة الأخرى المستخدمة عادة كموانع تجلط لدماء الحيوانات والإنسان . وعموماً فسيرم الأسماك أكثر ثباتاً من سيرم الإنسان على درجتى حرارة ٢٥° م ، ٤° م ومماثله فى الثبات على – ١٠° م.

ثانياً : الغدد الصماء Endocrines

وهى الغدد ذات الإفراز الداخلى أى عديمة القنوات (لاقنوية) ، وتحتوى القناة الهضمية للأسماك – مثلاً – على عدد كبير من الخلايا ذات الإفراز الداخلى وهى خلايا بنكرياسية معدية معوية Gastro - entero - pancreatic endocrine cells تخلق هرمونات عديدة البيتيد ، منها الأنسولين Insulin والجاسترينGastrin (من جزر لانجرهانز) والسيكرتين والكوليسيستوكينين وشبيهه والهيستامين (من الأمعاء) وشبيه السيريولين والهيستامين (من المعدة) . وتحتوى أنسجة جزر البنكرياس فى الأسماك العظمية على خلايا بيتا المفرزة للأنسولين ، وعلى خلايا الفا المفرزة للجلوكاجون وقد تحتوى كذلك على خلايا دلتا المفرزة للسوماتوستين.

ونقص الأنسولين فى الأسماك يزيد من تركيز جلوكوز وأحماض دهنية الدم أى أنه يؤثر على ميتابوليزم الدهون (والكربوهيدرات) والبروتينات لأن السمك يزيد من سكر دمه عن طريق غير كربوهيدراتى وهو الأحماض الأمينية أساساً الموجودة فى البلازما ومصدرها البروتين الجسمى . فالحقن بالأنسولين يخفض من تركيز الأحماض الأمينية ، أى أن الأنسولين يلعب دوراً هاماً في ميتابوليزم البروتين فى الأسماك . والحقن بالأنسولين يخفض من جلوكوز دم الأسماك الغنية علائقها بالكربوهيدرات بينما لا يؤثر على الأسماك المرتفعة علائقها فى محتواها من البروتين.

والأسماك ليس لها غدد جارات درقية بل تنظم ميتابوليزم الكالسيوم والفوسفور بواسطة كالسيتونين يفرز من الجسم الخيشومى الخلفى والذى يتحكم فى ترسيب العظام وسحب المعادن منها . ويؤدى حقن السمك بهرمون الكالسيتونين إلى انخفاض كالسيم الدم.

ويتشابه ثيروكسين السمك مع هرمون الثدييات ، إذ يؤدى الحقن بالثيروكسين إلى زيادة تركيز الأحماض الدهنية الحرة فى الدم ، لكنه على عكس ما فى الثدييات يؤدى إلى خفض سكر الدم وزيادة

جليوكوجين القلب والعضلات . وتكون الأسماك صبغات بصرية من فيتامين A2 لتحقيق حساسية إضافية للجزء الأحمر من الطيف عند معيشتها فى الماء العذب ، وتزداد هذه الخاصية بتأثير كل من الثيروكسين والبرولاكتين . كما يلعب الثيروكسين دوراً هاماً فى التحكم فى شكل السمك فى أطواره المختلفة .

وتحمل الأسماك المهاجرة للوحة المياة يتحكم فيها الفص الأمامى للغدة النخامية وقشرة الأدرينال adrenal cortex فهرمون الفازوتوسين Vasotocin هام فى التحكم فى ميزان الماء. كما أن تغييرات الألوان فى كثير من أنواع الأسماك يسيطر عليها هرمونات تشتيت أو تركيز اللون الأسود melanophore dispersing (or condensing) hormones المفرزة من الفص الخلفى للنخامية . وقد تخضع تغييرات لون ذكور الأسماك فى موسم التناسل إلى الهرمونات الجنسية الذكرية . وهكذا تخضع كل العمليات الفسيولوجية فى الأسماك لهيمنة الهرمونات كما سيتضح ذلك من النماذج التالية:

١ - تأثير الهرمونات على نمو السمك :

أ - النخامية :

يتأثر النمو والميتابوليزم فى الأسماك بشدة بالهرمونات التى تتأثر بظروف البيئة . فلقد وجد أن الأسماك منزوعة الغدة النخامية Hypophysectomized fishes لا تنمو وتفقد شهيتها ويقل تحويلها الغذائى ، وأنه يمكن إعادة نموها بالحقن بهرمون النمو Somatotrophic hormone ، ويتوقف معدل النمو على جرعة الهرمون ودرجة الحرارة . وارتفاع الحرارة بما يثبط إفراز هرمون النمو كما يؤثر على استهلاك الغذاء ومعدل الميتابوليزم مما يؤثر على النمو . وعلى ذلك قد يرتبط معدل النمو وتغيراته على مدار العام بالتغييرات فى محتوى الغدة النخامية من هرمون النمو ، إذ أن زيادة النمو ترتبط بانخفاض تركيز الهرمون فى النخامية دليل انسيابه من الغدة إلى الدم . وهرمون النمو Growth hormone هذا يفرز من خلايا الفا الفص الأمامى من الغدة النخامية ، وهو من البروتينات البنائية anabolic protein . ويشبه هرمون نمو الماشية لذا فعند حقن السمك منزوع النخامية بهرمون نمو الماشية فإنه ينمو طبيعيا ، كما أن الحقن بهرمون نمو السمك ذاته يزيد فى النمو ، ويخشى من حقن مستخلص النخامية ما يسببه من نفوق ربما يرجع إلى سمية المذيب أو المستخلص ولطبيعة هرمون النمو البروتينية فقد اعتقد خطأ أن إعطائه عن طريق الفم يفقده نشاطه بفعل الإنزيمات الهاضمة ، إلا أنه عملياً ينكسر بفعل الإنزيمات ويظل بنشاطه الدافع للنمو . ويقوم هرمون النمو بتحريك دهون الجسم فتعلو الاستفادة من بروتين العليقة فيقل محتوى الجسم من الدهن بينما تتراكم الأحماض الأمينية بالأنسجة ويزيد بروتين الجسم (نمو) ، ويشجع هرمون النمو من تخليق الحمض النووى RNA وتخليق هرمون الأنسولين (فكلا الهرمونين هرمونات بناء ميتابوليزمى)، فالأنسولين لازم لاكتمال فعل هرمون النمو . لذا يضاف هرمون النمو فى علائق الأسماك أو يحقن أو يزرع بجرعات ٥ - ١٠٠ ميكروجرام / جم وزن جم / أسبوع، وتستجيب الأسماك الصغيرة للهرمون بشكل أكبر ، ويؤثر الهرمون على عامل الحالة للسمك ، وينتج لحماً فقير الدهن . إلا أن الحقن أو الزرع وتكراره شيء مجهد

وغير عملي فى ظل الإنتاج المكثف للأسماك . ويعبر عن عامل الحالة بشكلية ، إما معامل الحالة التقليدى Conventional condition factor = الوزن الكلى / (الطول)^3

أو عامل الحالة الجسمى Somatic condition factor = (الوزن الكلى - وزن المناسل) / (الطول)^3 .

ب - الاستيرويدات البنائية :

• تستخدم الاستيرويدات البنائية Anabolic steroids كهرمونات مشتقة (تشمل هرمونات الجنس الذكرية androgens والاستروجينات oestrogens أو هرمونات الجنس الأنثوية) تخليقية صناعية فى مزارع الأسماك لمالها من تأثير بنائى مشجع للنمو ، وتمتاز على هرمون النمو فى سهولة استخدامها كإضافات غذائية دون فقد نشاطها البيولوجى ، ومن الاستيرويدات المخلقة مركب ١٧ ألفا - ميثيل تستوسترون (MT) ، ١١ - كيتوتستوسترون ، ادرينوسترون ، ديمثازين ، نورثاندرولون، اثيل ستلبسترول ، ايثيل استرنول ، وغيرها كثيراً . وتؤدى هذه الهرمونات إلى زيادة امتصاص النيتروجين وبالتالى تزيد معدل النمو ، كما يزيد استهلاك العلف ويحسن كفاءة تحويل البروتين ، وهناك علاقة عكسية بين تركيز الهرمون ومعدل النمو ، كما أنه بعد سحب الهرمونات من العليقة يقل نشاط إنزيمات هضم البروتين فى السمك . والهرمون الصناعى (المخلق) أكفأ فى تأثيره على النمو عن الهرمون الطبيعى . والأندروجينات أكثر تأثيرا من الاستروجينات فى دفع نمو السمك. فتحقن الأسماك عضلياً كل ٤ أيام بمركب ٤ - كلوروتستوسترون خلات ، أو يوضع فى العليقة الميثيل تستوسترون ٢,٥ مجم / كجم ، وكذلك فى العليقة يمكن إضافة الديمثازين ٥ مجم / كجم عهلف . ولا ينبغى استخدام الاستيرويدات البنائية فى دراسات النمو إذا كانت تظهر الصفات الجنسية ، إذ قد ينقلب الجنس sex reverse فإعطاء الهرمون الذكرى للأنثى يحولها إلى ذكر فعال ، وإعطاء الهرمون الأنثوى يحول الذكور إلى إناث فعالة ، وتزاوج ذكور فعالة مقلوبة الجنس (لا تحتوى على كروموسوم Y) مع إناث طبيعية تنتج جيلا كله إناث . لذلك قد تستخدم **مضادات الاندروجينات** antiandrogen **أو مضادات الاستروجين** antioestrogen مع الاستيرويدات البنائية لتثبيط التأثيرات الاندروجينية بدون الإضرار بالخواص البنائية . فقدم الفلوتاميد flutamide كمضاد للاستيرويدات بمعدل ٢٠ ميكروجرام / جم علف فزاد وزن السمك فى الوزن الصغير (الطور اليرقى) .

ويظهر أثر الهرمون البنائى فى العلائق منخفضة البروتين أكثر منه مع العلائق مرتفعة البروتين . ويختلف تأثير الهرمون من نوع لآخر من الهرمون ، وحسب نوع وعمر السمك ، ووفقاً لظروف العليقة والماء ، فالتركيز المشجع للنمو لعمر فى نوع ما قد يثبط النمو لنفس العمر لنوع آخر .

وقد زاد نمو السمك بإعطائه مضاد استروجينى (سيترات كلوميفين) بمعدل ١٥ ميكروجرام / جم علف مع دى إيثيل استلبسترول (٥ ميكروجرام / جم علف). وقد تعمل الاستيرويدات البنائية تعاونياً مع هرمونات داخلية أخرى كتشجيع الدرقية وجارات الكلى والبنكرياس فى السمك. ويختلف تأثير هذه الهرمونات على التركيب الكيماوى لعضلات السمك طبقاً لجرعتها المستخدمة ونوع السمك وعمره .

ويجب الانتباه لمتبقيات هذه الاستيرويدات المخلقة (المستخدمة لتشجيع النمو growth promotion في مزارع الأسماك) في الأنسجة الصالحة للأكل . فرغم ما استنبط من الأبحاث القليلة بشأن سرعة معدل التمثيل الغذائي أو خروج الاستيرويدات من الأنسجة ، فقد وجدت متبقياتها في بلازما وأنسجة أسماك السالمون المغذى على عليقة احتوت على التستوسترون (٥ جزء / مليون) أو الميثيل تستوسترون (١ جزء / مليون) ، فإذا استخدمت هذه الهرمونات تجارياً فمن الحيوى معرفة الفترة اللازمة لانسحابها من العلف قبل تسويق السمك ، وذلك لكل نوع سمكي وهرموني.

جـ - الدرقية : Thyroid :

تستطيع هرموناتها التأثيرات على النمو ، سواء لفعلها المباشر أو لحثها للنشاط البنائي لهرمونات أخرى كهرمون النمو (الذى يتفاعل معها تعاونياً synergistically) أو لتأثيرها العام على الميتابوليزم. وزيادة الجرعة (عن ١٠ ميكروجرام / جم / اسبوع بالحقن) تؤدى إلى تشوهات في الهيكل العظمى ، كما يمكن إضافة الثيروكسين في الماء وإن كانت تأثيراته أقل من الحقن ، كذلك إضافته مع العلف يؤدى لفقر نتائجه لامتصاصه في الجهاز الهضمي. وعموماً فتأثيره على النمو في بعض الأنواع أقل من تأثير هرمون النمو .

والثيروكسين (T_4) أهم السمك من ثلاثي أيودوثيرونين (T3) ، فعند إزالة الدرقية بالإشعاع Radiothyroidectomy أو إعطاء مضادات الدرقية يقف النمو ويتم علاجه باستخدام T_4 مما يؤكد أهميته للنمو الطبيعي . وتأثير هرمونات الدرقية يتوقف على جرعتها وطريقة إعطائها، ومدى وجود مسببات الجويتر في العليقة ، نوع وحجم السمك ، وظروف المياه وغيرها.

وأدى إعطاء T3في العليقة (٢٠ – ١٠٠ جزء/ مليون) إلى زيادة طول ووزن السمك وزيادة استهلاك الغذاء وتحسن كفاءة تحويل الغذاء.

د - الأنسولين : Insulin :

يتحكم في نمو السيتوبلازم في العضلات الهيكلية ، وهو يشارك هرمون النمو في عديد من الأعمال البنائية . وحقن الأسماك بالأنسولين البقرى بمعدل ٠,٣٢ – ١٠ وحدة دولية / كجم وزن جم ١ – ٢ مرة / أسبوع حسن من كفاءة تحويل الغذاء ، والحقن بجرعات ٠,٥ – ٥ وحدة دولية / كجم / ٤٨ ساعة حسن من وزن الجسم معنوياً . فالأنسولين هام لتنظيم ميتابوليزم النيتروجين في السمك ، فالأنسولين يزيد محتوى بروتين العضلات لحثه لتخليق البروتين . وتشجيع الأحماض الأمينية على إفراز الأنسولين وقد يرجع هذا إلى الانخفاض النسبي للاحتياجات الغذائية الكربوهيدراتية وانخفاض الاستفادة بها في الأسماك وكذلك لانخفاض مستوى الجليكوجين في أنسجة الأسماك ، إذ يغيب دور الأنسولين في تخليق جليكوجين في الأسماك .

هـ - مخاليط الهرمونات : hormone combinations :

وجود بعض الهرمونات يقوى التأثير البنائى لهرمونات أخرى فتكون محصلة وجودها معا زيادة فى النمو الكلى ، فهرمون الثيروتروبين مع هرمون النمو فى ذكور الأسماك متزوجة النخامية تزيد نموها عن استخدام هرمون النمو بمفرده أو الثيروتروبين بمفرده كما أن هرمون النمو مع هرمون الجسم الأصفر يدفع نمو ذكور الأسماك متزوجة النخامية عن استخدام هرمون النمو بمفرده . وخلطة هرمون النمو مع الميثيل تستوسترون مع T4 كانت أفضل من خلطة الهرمونين الأولين فقط، والخلطتان أفضل من خلطة هرمونى النمو والثيروكسين فقط . فقد تؤدى الخلطات الهرمونية إلى زيادة النمو فى السمك بتشجيع الأسماك على استهلاك العلف وتحسين تحويله الغذائى وهضمه وتمثيله وتشجيع تخليق البروتين ، فالنمو الخطى chondrogenesis or linear growth ينظمه هرمون النمو ، بينما الاستيرويدات البنائية وهرمونات الدرقية تعمل على التكلس والتعظم Ossification .

٢ – تأثير الهرمونات على الميتابوليزم فى السمك :

لا يمكن أن تتم التغذية والهضم واختزان الغذاء بدون مساعدة الغدد الصماء وإفرازاتها المؤثرة على عمليات الميتابوليزم.

أ – البنكرياس : Pancreas :

يفرز الأنسولين والجلوكاجون من أجسام بروكمان Brockmann bodies أو الجزر الأساسية (لانجرهانز) . **فالأنسولين** (على عكس ما فى الثدييات) يؤدى إلى خفض الجليكوجين أو زيادته أو عدم التأثير عليه حسب الأنواع المختلفة للأسماك . ودور الأنسولين محدود فى ميتابوليزم الجلوكوز، لكنه جوهرى فى ميتابوليزم البروتين، إذ يسرع الأنسولين من اندماج الأحماض الأمينية ببروتين العضلات الهيكلية . وفى حالة إزالة أجسام بروكمان يزيد سكر الدم والبول أى تحدث حالة مرض سكر diabetic state يصاحبها ارتفاع تركيز الأحماض الأمينية فى البلازما . وزيادة الجلوكوز أو الأحماض الأمينية تنبه إفراز الأنسولين ، فهو هرمون هام فى تنظيم الطاقة فى السمك فالحقن بالأنسولين يخفض مستوى الأحماض الدهنية الحرة فى البلازما (عكس ما يحدث فى الثدييات) . **الجلوكاجون** Glucagon يسبب زيادة سكر الدم نتيجة تحلل جليكوجين الكبد Glycogenolysis وتخليق الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية Gluconeogenesis ويتشابه الجلوكاجون مع الأنسولين فى تأثيرهما فى خفض مستوى الأحماض الأمينية فى البلازما.

ب – الغدة الدرقية : Thyroid :

ينظم إنتاج هرموناتها (T3,T4) من خلال هرمون يفرز من النخامية ، وترتبط هرمونات الدرقية ببروتينات البلازما وتؤثر على **ميتابوليزم الكربوهيدرات** بتأثيرها على خفض جليكوجين الكبد من خلال تأثيرها على إنزيمات دورة البنتوزفوسفات والجلوكوچينك ، فتؤدى زيادتها إلى زيادة إنزيم الستوكروم أوكيداز ونقص إنزيم جلوكوز – ٦ – فوسفات دى هيدروجيناز ، كما تؤدى إلى زيادة نشاط إنزيمات

الفوسفاتاز القاعدى والحامضى فى الكبد والحقن بالثيروكسين يخفض سكر الدم . كما تؤثر على **ميتابوليزم الدهون** ، فالحق بالثيروكسين يخفض مخزون الدهن الحشوى ودهن الكبد والدم ، بينما إزالة الدرقية بالإشعاع يؤدى إلى تخزين الدهون . والتغذية على هرمونات الدرقية بمعدل ٢٠ - ١٠٠ جزء / مليون يخفض دهن العضلات . إلا أن نتائج تأثير هذه الهرمونات تتوقف على الحالة الغذائية ودرجة حرارة البيئة وفترة الإضاءة والملوحة وحجم السمك . وتأثير الدرقية على **البروتين** ثنائى الأطوار، فإما أن يكون تأثيرها بنائياً للبروتين والأحماض النووية (بالجرعات المنخفضة أو الفسيولوجية) أو يكون تأثيرها هدمى للبروتين والأحماض النووية (بالجرعات العالية أو الفارما كولوجية) . والمعاملة بالثيروكسين تزيد إخراج الأمونيا على درجة الحرارة العالية فى بعض الأنواع. ويتوقف تأثير الهرمونات للدرقية على العمر كذلك ، وهى تشبه فى تأثيرها الثيوبوراسيل.

جـ - المناسل : Gonads :

تفرز استرويدات الجنس ، **فالأندروجينات** تخفض الأزوت غير البروتينى فى السيرم ودهن العضلات . فالتغذية على الاندروجينات تزيد محتوى الكبد والكلى والعضلات من الحمض النووى RNA ومن البروتين . أما **الاستروجينات** فتزيد محتوى البلازما من الدهون والكوليسترول والبروتين والكالسيوم والفوسفور. وتختلف تأثير الاستروجينات على دهن الجسم باختلاف الجنس وفترة الإضاءة ودرجة الحرارة وتركيز الهرمون. ويزيد دهن الكبد كذلك بالمعاملة بالاستروجين مما يؤدى إلى زيادة دليل الكبد الجسمى hepato - somatic index (نسبة وزن الكبد من وزن الجسم الكلى) وإن انخفض محتواه من الجليكوجين. وتنشط الاستروجينات من إفراز الليبوبروتين الفوسفورى Vitellogenin من الكبد لتخزينه فى المبيض النامى ، كما تزيد من بروتين الكبد والحمض النووى RNA به.

د - النسيج بين الكلوى : Interrenal tissue :

تفرز **هرمونات القشرة** الاستيرويدية Corticosteroids كالكورتيزول والكورتيزون والكورتيكوستيرون والألدوستيرون . وتؤدى هذه الهرمونات عند حقنها فى الأسماك إلى زيادة سكر الدم وجليكوجين الكبد مع نقص الوزن والطول . فيؤدى الكورتيزول إلى زيادة معدل الميتابوليزم وترانس امينار الكبد وجليكوجين الكبد مع زيادة إخراج الأمونيا والبوتاسيوم ، وزيادة مستوى الكورتيزول وإطالة فترة استعماله تؤدى إلى زيادة تخليق الجلوكوز من البروتين مما يؤدى إلى ضمور العضلات وتوقف النمو.

هـ - نسيج الكرومافين : Chromaffin tissue :

ينتج الأدرينالين والنور أدرينالين فى منطقة الكلى أو الأورطى أو القلب . ويؤدى الأدرينالين إلى زيادة جلوكوز الدم كما يسحب جليكوجين الكبد والعضلات ويتحلل مخزون الأنسجة من الدهون. ويؤدى النور

أدرينالين إلى نفس التأثير لكن بشكل أبطأ.

و - النخامية : Pituitary :

لها تأثيرات مباشرة على الميتابوليزم ، فهرمون النمو يعمل من خلال تأثيره على معدل تخليق أو تكسير البروتين وسحب وأكسدة الدهون وتخليق وإفراز الأنسولين . فالحقن بهذا الهرمون يزيد احتجاز النيتروجين، ويخفض يوريا وبروتين البلازما، ويزيد بروتين الجسم وارتباط الأحماض الأمينية ببروتين العضلات الهيكلية ، ويخفض من دهون العضلات بينما يزيد الأحماض الدهنية الحرة بها فتستخدم الدهون كمصدر للطاقة وتوفر الأحماض الأمينية للنمو . كما يؤدى هذا الهرمون إلى حالة مؤقتة من البول السكرى. أما هرمون البرولاكتين فيعمل على زيادة تخزين الدهون وزيادة الأحماض الدهنية الحرة فى البلازما والعضلات . وهرمون ارجينين فازوتوسين يزيد حقنه من مستوى جلوكوز وأحماض دهنية حرة بالدم .

٣ - التحكم فى التغذية :

تتأثر عملية التغذية وتنظيمها بدور المخ فى سلوك التغذية ، ودور الجهاز العصبى الذاتى وهرمونات المعدة والأمعاء وهرمون النمو والهرمونات الاستيرويدية وهرمونات الدرقية . فهرمون النمو وهرمون الثيروكسين يزيدان الشهية واستهلاك الغذاء ، والهيبوثالامس له دور فى الشهية كذلك كما يؤثر مستوى الجلوكوز والأحماض الأمينية فى الدم على استهلاك الغذاء .

٤ - التحكم الهرمونى فى تناسل الأسماك :

يتم تنظيم تناسل الأسماك من خلال وظائف المناسل التى تتحكم فيها بالتالى الغدة النخامية بهرموناتها شديدة التأثير على الغدد الجنسية ، خاصة هرمون LH الذى يرجع قيامه بدور كلا الهرمونين FSH, LH . كما تفرز الهيبوثالامس بدورها هرمونا يؤدى لانسياب هرمون الجسم الأصفر luteinising hormone releasing hormone (LH-RH) فى تيار الدم لإحداث التبويض.

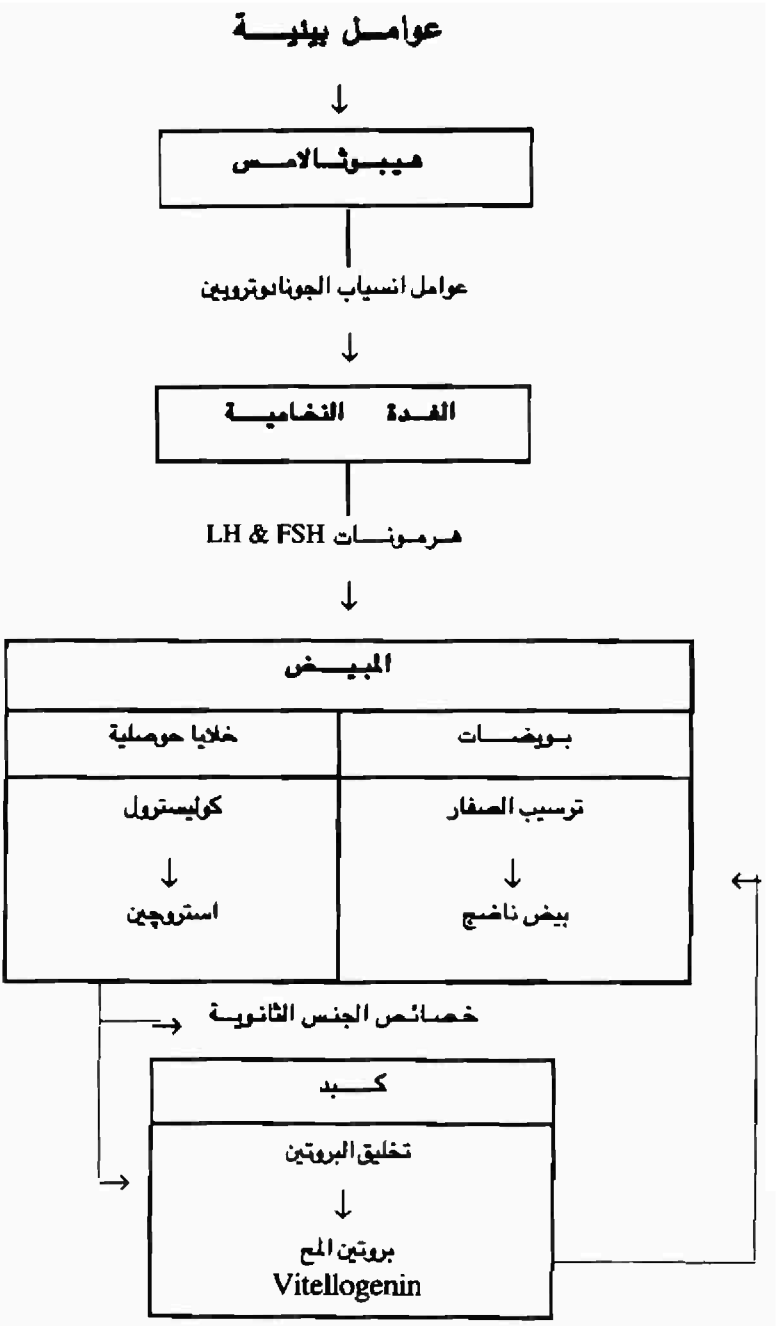
فتبدأ العملية تنبيه بيئى (درجة الحرارة ، طول النهار ، وغيرها) ، وتنتقل خلال جذع الهيبوثالامس – نخامية إلى حويصلات المبيض ، حيث تخلق الهرمونات الاستروجينية وتنساب إلى تيار الدم . وهذه الهرمونات تشتق من الكوليسترول بعملية الهيدركسلة hydroxylation تنبه الهرمونات الاستروجينية الكبد لتخليق بروتين صفار البيض Vitellogenin ، الذى ينتقل بواسطة الدم إلى البويضات لتمتصه بتحكم هرمونات تنشيط الجنس (الجونادوتروبين) . وتتضمن بروتينات صفار البيض Vitellogenin نوعين رئيسيين من البروتينات هما الفوسفيتينات phosvitins والليبوفيتللينات lipovitellins ، والتى تتحد داخل البيض لتكون حويصلات المح أو الصفار yolk vesicles ، التى تكون حوالى ٩٠ ٪ من كتلة بيض السمك.

وجدت تركيز عالية من حمض الاسكوربيك فى مبايض السمك ، وهذه التركيزات تختلف حسب الحالة الفسيولوجية (مما هو فى الثدييات) أو دورة التناسل كما لوحظت فى المبروك والقد (بكلا) . فقد لوحظ

ارتفاع تركيز الفيتامين خلال نمو المبيض ، يعقبها انخفاض فى آخر المراحل قبل التبويض . وهذه النتائج تتطابق مع المرحلة الأكثرنشاطاً لإنتاج استرويدات الجنس ، أى تعكس طلب محتمل لحمض الاسكوربيك فى تفاعلات الهيدركسلة المتطلبة لتخليق الستيرويدات في خلايا حويصلات المبيض.

ويشارك حمض الاسكوربيك في تفاعلات بيو كيماوية عديدة فى الخلايا الحية وأحد مشاركاته الهامة فى الميتابوليزم ، هو عمله كعامل مساعد في تفاعلات الهيدركسلة المنشطة إنزيميا، حيث تعمل الاسكوربات على حفظ ارتباط الحديد إنزيميا في حالة ثنائية التكافؤ . كما يشارك الفيتامين فى تفاعلات إنزيمية (oxygenases) كما نح donor للهيدروجين والفيتامين دور كذلك فى التخليق الحيوى للاسترويدات الجنسية، ولوحظ فى التراوت فى أثناء تخليق بروتينات صفار البيض زيادة مستوى ١٧. - بيتا - استراديول فى السمك المغذى على كفاية من الفيتامين مقارنة بالسمك الذى يعانى نقصاً من هذا الفيتامين ، وبالتالى أدى ذلك لاختلاف مستويات الفيتالوجينيين في الدم . ولما كان الكوليسترول حجر بناء الاسترويدات الجنسية ، فإن نقص كوليسترول الدم يلاحظ فى القراميط والتراوت فى أثناء مرحلة التكاثر والمرحلة النهائية فى تخليق بروتين الصفار بتأثير غير مباشر لحمض الاسكوربيك الذى يزيد بناء الاسترويدات الجنسية من الكوليسترول ، وإن زاد كوليسترول الدم فى إناث التراوت الناضجة بالتغذية الغنية بفيتامين (C).

فيؤدى الهرمون المنشط للغدد التناسلية إلى تنبيه المبيض لإفراز الاستروجين الذى يؤدى إلى تورد وتضخم الفتحة التناسلية ، وينشط الكبد لإفراز المح فى الدم والذى تلتهمه الحويصلات البيضية فيزيد حجمها وحجم المبيض. وتفرز هذه الحويصلات هرمون البروجسترون الذى يؤدى إلى اتجاه نواة الحويصلة إلى جدارها . ويؤدى إفراز البروستاجلاندين إلى انقباض العضلات اللإرادية للحويصلات فتخرج البويضات إلى قناة المبيض (تبويض) . وفى الذكور يؤدى الهرمون المنشط للغدد التناسلية إلى إفراز التستسترون مسبباً انقسامات الخلايا الذكرية وظهور صفات الجنس الثانوية . أما هرمون الفاسوبرسين فيسبب القذف للحيوانات المنوية والسلوك فى أثناء التزاوج.



تصور مبسط للوقائع الأساسية فى فسيولوجيا الأسماك

فقد وجد أن حقن الأسماك بجرعات متدرجة من هرمون استراديول – ١٧ بيتا أدت إلى زيادة فيتللوجنين البلازما زيادة متدرجة مرتبطة بمستوى جرعة الهرمون ، ومرتبطة كذلك بمستويات الكالسيوم والمغنسيوم المرتبطة ببروتين البلازما . والحقن بالنخامية يؤدى كذلك إلى تبويض الأسماك (لإفراز مناسلها) وخفض المدة مابين كل مرتين وضع بيض وإن لم تزد عدد مرات وضع البيض فى السنة . كما استخدم لنفس الغرض الحقن بالجونادوتروبين الآدمى من المشيمة مع مستخلص نخامية المبروك ، أو الحقن بهرمون الجسم الأصفر النقى وبول النساء الحوامل أو بالاسترويدات الجنسية واسترويدات القشرة Cortical steroids . وقد يشار للكاروتينويدات فى الأسماك على أن لها تأثيراً هرمونياً على النمو والخصب والنضج الجنسى والتطور الجنينى ، فتعمل صبغات كانثاكسنثين Canthaxanthin واستكسانثين Astaxanthin كمنشاطات للحيوانات المنوية ، والتغذية على الكانثاكسنثين تؤدى إلى زيادة نسبة وضع البيض . وقد مكنت استخدامات الهرمونات من إحداث تناسل فى الأنواع التى لا تتناسل فى المزارع أو الأحواض بما يوفر عناء استمرار شراء أسماك صغيرة كل دورة .

فى بعض الأنواع كالبلطى تتكاثر الأسماك بسرعة وفى أحجام صغيرة مما يزيد المنافسة فى الأحواض ويقلل النمو الإنتاج لتوجيه جزء كبير من الطاقة لنمو المناسل بدلا من النمو الجسمى . ولحل هذه المشكلة إما بتثبيط نمو المناسل مباشرة أو بالتعقيم sterile أو بإنتاج عشيرة وحيدة الجنس لا تتكاثر. واستخدم التأثير المثبط لاسترويدات الجنس خاصة الاستروجين وشبيهاته والتى لها تأثير سلبى على إفراز هرمون الجونادوتروبين فى النخامية . والاندروجينات لها تأثير دقيق كذلك ويعتمد على الجرعة والعمر ومدة المعاملة . وقد تأخر النضج الجنسى وتحسن النمو فى السالمون المعامل فى التغذية بجرعة ٢,٥ مجم ايثيل استرانول / كجم علف ويختفى أثر هذا المركب من العضلات فى ظرف ١٠ أيام . وفى التراوت المعامل بالميثيل تستوستيرون ١٠ مجم / كجم لمدة ٧٢ أسبوع أعطى ١٢٥ ٪ معدل نمو أكبر من المقارنة وتدهورت الخصى فى الذكور.

ومن المركبات المخلقة synthetic المثبطة للتناسل مركب ميثاليبور methallibure الذى يضاف إلى الماء فيؤدى امتصاص resorption مناسل البلطى وإعطائه عن طريق الفم oral administration أكثر تأثيراً عن إضافته فى الماء ، إذ تعطى نمواً أفضل وتأخر التبويض إذا وضع فى حوض لمدة ٤٠ يوما ، واستخدامه بتركيز منخفض مؤثر واقتصادى ويمكن استخدامه على مستوى الأحواض فى المزارع.

وإنتاج عشائر من جنس واحد يتم عن طريق كيماوى أو بالتهجين ، والتهجين يستخدم بكثرة خاصة بين البلطى ، إذ أن الخلط بين أنواع معينة ينتج فقس ١٠٠ ٪ ذكوراً ، يمتاز بسرعة معدل النمو أكثر عن أى من الآباء .

عكس الجنس sex reverse فى السمك أمكن الوصول إليه بالتغذية على الهرمونات الجنسية الاسترويدية . فالتراوت المغذى على ١ مجم ميثيل تستوسترون لكل كجم علف لمدة ٧ شهور بداية من بعد شهر من الفقس ينتج ذكور بنسبة ٨٧ ٪ ، وإذا بدأت المعاملة ٤ شهور بعد الفقس فلا تتميز النسبة

الجنسية عن المقارنة ، بينما الجرعات ١ أو ٥ مجم / كجم للأسماك الأكبر لمدة بسيطة تزيد النمو الجسمى ونمو المناسل . فالمعاملة بالاستروويدات يتوقف نجاحها على الجرعة ومدة المعاملة والعمر وجنس السمك ، فالجرعة اللازمة من ميثيل تستوستيرون لإنتاج ذكور فقط فى البلطى الموزامبيقى ١٠ - ٤٠ مجم / كجم علف وفى الزبرا ١ - ١٠٠ مجم / كجم تقدم بعد يومين . وأمكن قلب الجنس فى السالمون باستخدام ٢٠ مجم من ١٧ - بيتا اوستراديول / كجم عليقة لمدة ٣٠ يوما عقب الفقس مباشرة ، إلا أن النمو تدهور بشـــدة ، وقلب الجنس فى الذكور باستخدام ١٧ الفا ميثيل تستوستيرون بمعدل ٣ مجم / كجم فى أول ٩٠ يوما .

ورغم أن التهجين فى عديد من أنواع الحيوان يعطى نسلا عقيماً infertile offspring فإن هذا ليس الحال فى السمك غالباً .