

**الباب الثاني**  
**أجزاء جسم الأسماك ووظائفها**

obeikandi.com

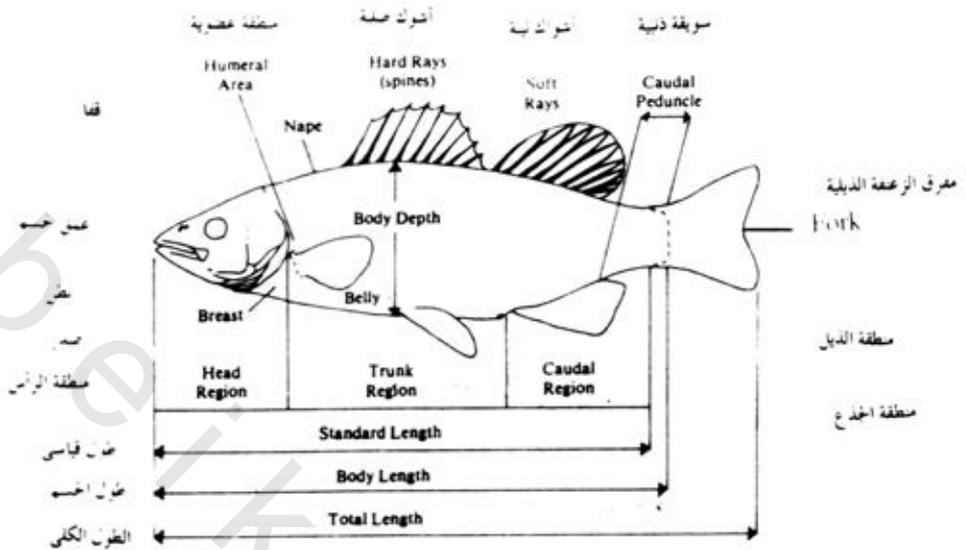
## الفصل الأول الشكل الخارجي والجلد والحواس والأعصاب

يختلف شكل الجسم للأسماك كثيرا ، فبعض الأسماك قد لايمتدى عدة مليمترات والبعض الآخر قد يصل طوله إلى عدة أمتار ، وبعض الأسماك ذات جسم نحيل انسيابي ، وغيرها ذات أجسام غليظة ثقيلة متسمة ، وأخرى طويلة اسطوانية أو مضغوطة الجانبين . ويتركب جسم السمكة أساسا من ثلاثة أجزاء أو مناطق هي : الرأس Head والجذع Trunk والذيل Cauda ، والمنطقة الأولى تمتد إلى حافة غطاء الخياشيم Gill Cover (Opercle) الخلفية ، بينما الجذع محصور بين حافة الغطاء الخيشومي وفتحة الشرج Anus ، بينما الذيل هو المنطقة التي 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 .

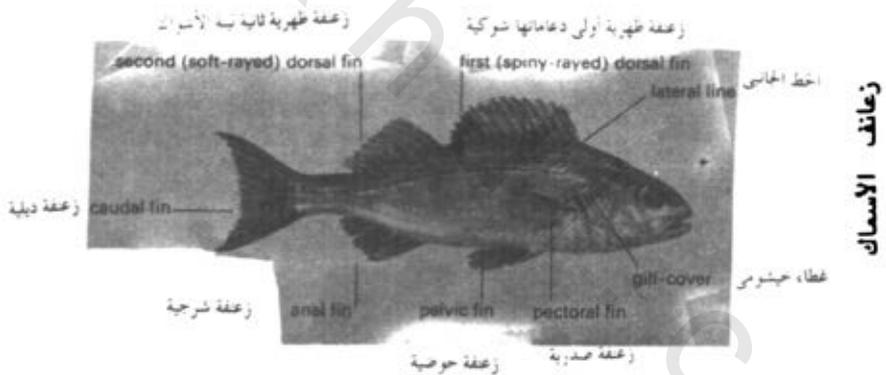
وللأسماك أنواع عديدة من الزعانف والتي يكون عادة تركيبها غشائي شعاعي أو شوكي ، والتي تكون أشواكها أو دعاماتها إما لينة أو صلبة ، وإذا كانت الدعامات لينة فتكون نحيلة مرنة التركيب مفصليّة تنشق أو تتفرع عند أطرافها الخارجية ، أما الأشواك الحقيقية True Spines فتكون صلبة وحادة النهايات ولايظهر تركيبها مفصليا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

ويغطي جسم الأسماك عادة بالقشور Scales التي 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 آخران متطوران من نفس القشور يوجدان في الأسماك العظمية الأرقى ، هما القشور الناعمة البسيطة الدائرية ( قرصية ) Cycloid Type والقشور العُرْقِيّة ( مشطية ) Ctenoid Scales ( شبه العُرْف ) ذات أشواك صغيرة تغطي الجزء الظاهر من القشور ، وكل قشرة عبارة عن قرص مستدير عظمي مغطى من الجهة الظاهرية بجلد رقيق جداً ، وتتكون القشرة من حلقات مركزية عظمية .

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



### أجزاء وأطوال جسم السمك



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



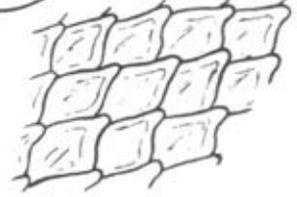
قشور عرقية صلبة ( منطبة )



قشور دائرية بسيطة



قشور صلبة ( مصفولة )



### 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 فى كونها مخزناً للكالسيوم فى الأسماك العظمية ، فالقشور أدمية ، بينما تعمل طبقة بشرة الجلد على توجيه القشور الخارجة من الأدمة . والقشرة لها صفيحة قاعدية منغمسة فى 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 وتحوى 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 ، وطول القياسى ينتهى عند آخر 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 .

## اللون Colour :

تتباين ألوان الأسماك ليس فقط باختلاف الأنواع ، بل فى النوع والسمكة ذاتها ، مما يدعو إلى تدبير خلق الله سبحانه وتعالى ، إذ يقول جل شأنه : « وريك يخلق مايشاء ويختار ماكان لهم الخيره 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 كأسمك 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 طبقاً للون صبغتها ، فهناك الصبغة السوداء الراجعة للميلانية فى حاملات الميلانين Melanophores ، والصبغة الحمراء التى سببها الكاروتين والبنزيدين فى الحاملات الحمراء Erythrophores والصبغة الصفراء الزائثنية 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 نوراً فى اللون بإفرازها هرمونا منشطاً 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 شروذ بعض الأسماك ، ويساعد الأسماك على الاختفاء من أعدائها والحماية منها ، أو يساعد على جذب الجنس الآخر للتزاوج ، وبألوان تميز المفترسات الأنواع السامة والخطرة من نوى الألوان الباهرة ، وبألوان لبعض الأسماك الملونة أن تقترب من الأسماك الأخرى لتنظيف الأخيرة من الطفيليات الخارجية ، وألوان السمك التى تحاكي خلفية بيئتها تمكنها من سهولة الحصول على غذائها ، أو أن ألوان السمك الجذابة تقرب الفريسة منها فتسهل التغذية .

## الرؤية Sight :

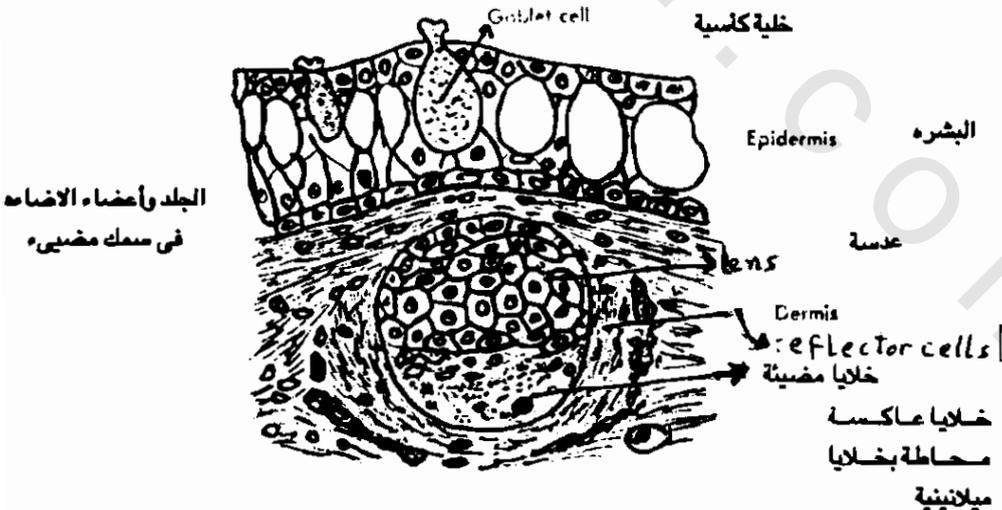
بعض الأسماك التى تعوم على سطح الماء ربما يكون لعيونها عدستان ، إحداهما للرؤية الهوائية والأخرى للرؤية فى الماء ، وذلك كما فى المبروك المسنن فله عيون تبدو للناظر أنها أربعة عيون لكنها فى

الواقع عينان منقسمتان عرضيا إلى قسمين منفصلين ، النصف العلوي منهما يستخدم للرؤية في الهواء والنصف السفلي للرؤية في الماء ، ولهذه الأسماك عدسة واحدة في كل عين ، نصفها الأعلى رقيق والسفلي سميك ، ولعدم وجود غمد دمعية فإنها تضطر إلى أن تغمس عينيها في الماء بين العين والآخر لتقيها من الجفاف ، إذ تقضى السمكة هذه وقتها سابحة عند سطح الماء بحيث يكون الجزء العلوي من العين فوق سطح الماء لتراقب الطيور المائية . بينما الجزء السفلي يساعدها في 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 بصورها لأسفل . وتحتوي شبكية عيون الأسماك المألحة على صبغة الروبسين Rhodopsin ، بينما شبكية الأسماك العذبة بها صبغة البورفيروبسين Porphyrropsin ، والصبغة الأولى بها ريتينال ٢ من فيتامين (A<sub>2</sub>) والثانية تحتوي ريتينال ١ من فيتامين (A<sub>1</sub>) . وهذه المستقبلات للألوان متباينة في أقصى موجات امتصاصها (٤٢٥ - ٦٧٥ نانومتر في المبروك) . وتزداد حساسية العين للضوء في الأسماك التي تعيش في الأعماق .

### الضوء Light :

قد تنتج الأسماك العظمية خاصة في الماء المالح العميق (ونادرا في 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 عصبي . والإضاءة الفوسفورية هذه عبارة عن ناتج عمليات كيميائية تتم في الأعضاء العاملة للضوء Photophores بفعل إنزيم ليوسفيريز Luciferase على مادة ليوسيفرين Luciferin في وجود كل من ATP والأكسجين . وأعضاء الإضاءة الذاتية تنتشر في حوالي ٤٢ عائلة سمكية على الأقل ، وتنتشر في أجزاء مختلفة من الجسم ، وقد تشع ضوءها بانتظام واستمرار أو تتحكم فيه من حيث الشدة والاستمرارية . وقد يكون لعضو الضوء تأثير في التجاذب للتزاوج ، أو أن يكون نظام الضوء محاكيا لكائنات البيئة فتكون وسيلة للتكرار والحماية من الأعداء ، وقد يفيد الضوء في عملية الافتراس والتغذية أو في تجنب المفترسات وفي الاتصال الجماعي .



## الخاصة الكهربائية 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 والشعبان الكهربى والقرومط الكهربى والرعد 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 جهداً كهربياً لأغراض المقاومة والهجوم والافتراس ولأغراض ملاحية واجتماعية . وهذه الأعضاء الكهربائية 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 ، إذ توجد الأعمدة متوازية مما يزيد شدة التيار .

ويتم تفريغ الشحنة الكهربائية عادة بسرعة وثبات مما يؤدي إلى وجود حقل كهربى ضعيف حول الحيوان . ويعد طرف الذيل طرفاً سالباً ، بينما طرف الرأس فهو يمثل الطرف الموجب . ويفعل توصيل الماء الذى يتواجد فيه الأسماك تتوقف شدة الحاسة الكهربائية ، فإذا كانت قوة التوصيل كبيرة فيبقى التيار وينتقل الحقل الكهربى إلى داخل الأشياء ، وإن كانت بسيطة فيضعف الحقل الكهربى ويتشتت . ويتم تسجيل قوة الحقل الكهربى على مسطح جسم السمك بواسطة مستقبيلات حساسة على الخطين الجانبين .

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

والإشارات الكهربائية 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 الكهربائية يحدث نوع من التكيف للحياة فى الماء العكر ، حيث يكون عمل العيون تحت هذه الظروف محدود ، ورغم ذلك تكون هذه الأسماك نشطة ليلاً إذ تنشط المستقبلات الكهربائية على أعصاب الخطوط الجانبية . والإشارات الكهربائية لاتصل لأكثر من ١ - ١٠ أمتار . وبواسطتها يمكن أيضاً تحديد المواقع أو الأبعاد .

وهناك أسماك تستقبل الكهرباء لاحتوائها على حويصلات حساسة كهربائياً 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 ليالية 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 مواقع فريستها حتى لو كانت

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

### الإحساس بالحرارة Thermal Sense :

معظم الحيوانات متغيرة حرارة الجسم تبدأ في التجمد إذا انخفضت درجة الحرارة عن الصفر المئوي ، ولايمكنها إعادة النمو إذا انخفضت درجة الحرارة عن ذلك إذ تصل إلى الموت بردا ، كما أنها إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى ٥٠م فإن معظم الحيوانات تعاني من النفوق بالحرارة العالية التي يسبقها انخفاض شديد في معدل الميتابوليزم وفي النشاط العام .

وتوجد في الأسماك مستقبلات الحرارة ومستقبلات البرودة بجانب بعض ، وذلك في شكل نهايات عصبية حرة في الجلد ، وفي سمك المرجان نجد أن كل مسطح جسمه حساس للحرارة . وقد تترك بعض الأسماك العظمية البحرية تغييرات في درجة الحرارة تصل إلى ٠.٣ - ٠.٧ م ، وتترك أسماك أخرى حدا من برودة الماء يبلغ ٢م أي من ١٥ إلى ١٣م أو من ٢٠ إلى ١٨م .

### الصوت Sound والجهاز السمعي Acoustic System :

تصدر الأسماك أصواتا متباينة باختلاف أنواع الأسماك . وينتشر الصوت في الماء بسرعة حوالي ١٥٠٠ متر / ثانية ، وتختلف هذه السرعة باختلاف درجة حرارة الماء وملوحته . وينشأ الصوت أساسا منذبذبة المثانة الهوائية ، أو قد ينشأ من احتكاك غطاء الخياشيم وفتحة الفم وتحرك الأجزاء الهيكلية ، أو من الحركة في 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 في جدار المثانة الهوائية ذاتها أو في جدار الجسم الملاصق للمثانة الهوائية ، وبانقباض هذه العضلات بشكل متكرر تتذبذب المثانة الهوائية محدثة للصوت . ويصل تردد هذا الصوت ما بين ٤٠ - ٨٠٠٠ نذبذبة في الثانية . وقد يكون هدف الصوت إما الإنذار أو الهروب أو الدفاع أو كسلوك غزل من الذكر للأنثى عند التكاثر .

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

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

والحدود القصوى لسمع الأسماك تردده حوالى ١٠٠ إلى ٢٠٠٠ هرتز ( والهرتز (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 ما بين ٢٠٠٠ إلى ١٣٠٠٠ هرتز ( كما فى القرموط القزم ) ، واضطراب مائة العوم يخفض حدود السمع القصوى إلى ١٥٠٠ هرتز . وفيما يلي حدود سمع بعض الأسماك بالهرتز :

السمك	حدود السمع الدنيا	حدود السمع القصوى
ثعبان السمك	٣٦	٦٥٠
سمك المرجان	١٠٠	٢٠٠٠

وحساسية موجات سمع القرموط القزم تتماثل مع حساسية سمع الإنسان ، إلا أن هناك كثيرا من الأسماك حساسيتها السمعية أقل من ذلك . بينما جهاز الخط الجانبي تنبيهه الترددات المنخفضة . وعموما فجهاز السمع فى الأسماك غير متطور ، كما قد لامتيز 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 أموجا صوتية فوق سمعية .

**وجهاز الخط الجانبي 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<sup>th</sup> Cranial Nerve . ويستقبل هذا الجهاز الحسى الاهتزازات من الأشياء مما يمكن السمك من العوم لوزن استخدام البصر ووزن الاصطدام بالأشياء ، كما يساعد على صيد السمك لفريسته Prey أو طعامه ، ويعمل كل خط جانبي 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 ( ٠.١ 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 طلائي شمى ذات بناء قوى من الشايا . وفى الكراكي يبلغ مسطح الشم ٠.٢٪ وفى الثعبان ١.٤٪ من مسطح الجسم . لذلك تصل حساسية الشم فى الثعبان إلى تخفيف ١:٢.٩ × ١٨١٠ 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 التلوق فله مستقبلات كيميوية 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 التلوق 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 التلوق الأريمة . ويفيد التلوق 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 الكيميائية فى الاتصالات بين أفراد النوع الواحد من السمك بواسطة العوامل الكيميائية Chemical Agents التى يطلق عليها Pheromones التى تنبعث من الأسماك وتختص بكل نوع سمكى ، وهذه العوامل الكيميائية عبارة عن مواد تفرزها للخارج أفراد الأسماك وتستقبلها الأفراد الأخرى من نفس النوع السمكى مظهرة بذلك رد فعل خاص سلوكى ، وتستخدم هذه العوامل الكيميائية ليس فقط فى الاتصالات داخل أسراب السمك Shoals بل كذلك فى تكوين المواطن Territories والإنداز والتزاوج وعودة الأسماك المهاجرة لأوطانها ، فهى ذات أهمية كبيرة فى سلوك الأسماك وتفاعلها مع بيئتها ، وقد تم فصل بعضها والتعرف عليه ، لكن يستدل على معظمها بالعمليات السلوكية ، ويمتد فى أهمية دورها فى عمليات زراعة السمك ، وقد بدأت دراستها فى الأسماك من عام ١٩٣٢ بواسطة Wrede لكن أول من أطلق على هذه العوامل الكيميائية المختصة بالاتصال لفظ Pheromones هم Karlson & Luscher عام ١٩٥٩ .

### الأعصاب :

يتضح مما سبق هيمنة الجهاز العصبى على الجلد ومايحتموه من قشور وأشواك وألوان ومابه من حواس مختلفة من أبصار وسمع وحواس كيميوية 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 .

obeikandi.com

## الفصل الثاني الجهاز العضلى والحركة والنمو والعمر ( والجهاز العظمى ) والنفوق

### الجهاز العضلى Musculature

يتكون أساسا من عضلات مخططة striated muscles فى منطقتى الجذع والذيل والى تتكون من أنسجة عضلية (٢٠ - 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 فكية واخرى للجهاز الخيشومى وغطاء الخياشيم وغيرها . وتوجد عضلات الجسم فى سلاسل على الجانبين بطول محور الهيكل للسلك . والعضلات هى الجزء المأكول أساسا من السمك مصداقاً لقول الله تعالى : « وهو الذى سخر البحر لتأكلوا منه لحما طريا » ( النحل : ١٤ ) ، ووظيفتها الأساسية للسلك 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 إلى 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 النوعى للماء لما تحتويه من غازات تشبه الهواء ( إذ تقوم كذلك بتوفير جزئى للأكسجين فى وقت الطوارئ، كما تستخدم فى إحداث الصوت وربما كذلك فى الإحساس بالصوت، فهذه المثانة الهوائية وظائف سمعية وتنفسية وهيدروستاتيكية ) مما يعمل على تنظيم العوم أو الغطس 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 فى 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 تركيبية 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 على 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 كيميائية أخرى بالجسم أو في محتوى طاقة الجسم كاملاً أو لأنسجته ، وكلها ببساطة نتائج تغييرات في الأعداد أو الحجم النسبية لمختلف أنواع الخلايا. كما قد يعنى النمو كذلك التغييرات في عدد الأسماك في العشيرة. وقد تكون هذه التغييرات 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 المنظم 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 ونوعاً 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 للمبروك مثلاً ٢.٥ مرة أعلى 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 نون 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 السنه بل ومن سنة لأخرى يختلف النمو حسب الظروف الجوية ( الحرارة ، رياح، مطر، ضوء)

٥ - كثافة العشيرة والتي تتوقف على النوع وظروف جودة المياه 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) للتيابنات الوراثية .

وهناك علاقة بين مساحة سطح الخياشيم والنمو أساسها ( بجانب الغذاء) الأوكسجين اللازم والمحدد النمو. ولكل نوع سمكى مدى حرارى أمثل للنمو فى مدى ملوحة ونظام غذائى معينين.

فيتأثر النمو بدرجة الحرارة حيث إن النمو عمليات كيميائية إنزيمية يلزمها مدى حرارى 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 البلطى فى ٤ أشهر يعادل النمو المتحصل عليه فى ١٠ شهور بواسطة تخفيف كثافة السمك باستمرار مع تغيير المياه عدة مرات أسبوعياً واستمرار تهوية الماء والتحكم فى 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 الجسمى 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 أو انتقالها إلى ظروف بيئية جديدة تتوفر فيها الأغذية والمكان Space . وهناك علاقة عكسية بين كثافة السمك ونموه الجسمى Somati Growth .

وتؤثر المنافسة Competition على النمو، فالمنافسة اصطلاح لالة توجد بين كائنات تعتمد على نفس المصدر من الاحتياجات البيئية فتسبب تداخلا يؤدي إلى تأثيرات ضارة، على كائن أو أكثر ، والمنافسة حالة طارئة وتختلف شدة تأثيرها على النمو باختلاف درجاتها، إذ قد يكون تأثيرها غير ملحوظ أو شديد أو ضار وقد عبر عن المنافسة على الغذاء بمعادلة

$$C_i = M_e / M_p$$

حيث إن (C<sub>i</sub>) دليل شدة المنافسة، (M<sub>e</sub>) معدل الاستفادة من الغذاء، (M<sub>p</sub>) معدل إنتاج الغذاء

المتوفر ( بنفس الوحدات المعبر عنها في الاستفادة من الغذاء سواد بوحداث 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 تواجدت في تزامن واحد معاً، وقد تكون المنافسة داخل النوع وبين الأعمار ( إذا كان غذاء مرحلتى العمر واحداً مثلاً) ، وبالمنافسة فى المكان الملائم يقل النمو والتكاثر. وعادة تكون المنافسة شديدة بين الأنواع آكلة العشب وأكلة اللحوم، أما آكلات كل شىء ( الكانسة) Omnivores فعلاقتها 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 والثدييات عضلياً بعد التمييز الجنيني يكون عبارة عن تضخم الألياف العضلية، إلا أنه فى السمك يكون زيادة عدد الألياف العضلية بالنمو العضلى أو الجسمى 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، وتدرتها 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 تضمحل المعدة ويكون نموها النسبى فى الأسماك ضعيفة النمو قليلاً بينما يزيد باسترجاع النمو والتغذية ) ، وبالصيام تحدث كذلك تغييرات اضمحلالية محسوسة فى ثلاثية المعدة وأنسجة الكبد ( وأحياناً كذلك بالألياف العضلية) والغدد المختلفة كالنخامية Pituitary والزغترية Thymus والبنكرياس Pancreas والدرقية Thyroid والكلى . وسحب مخزون الأنسجة بالصيام يؤدي إلى تغييرات فى تراكيبيها 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. وكثيراً 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 نواحي فنية أكثر لكن يمكن استخدامها للتفسير الدقيق لتاريخ نمو أفراد السمك .

## ومن طرق تقدير النمو فى السمك :

١ - تكرار الطول Length Frequency : وتستخدم فى تقدير متوسط مقياس النمو لعينة سمك، وهى غير حساسة نسبياً للتغيرات فى معدل النمو لذا قد يقترح الجمع بينها 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) والذي يمكن استخدامه لوصف ومقارنة معدلات النمو. ومعامل الحالة أو العلاقة بين الوزن (W) والطول في 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

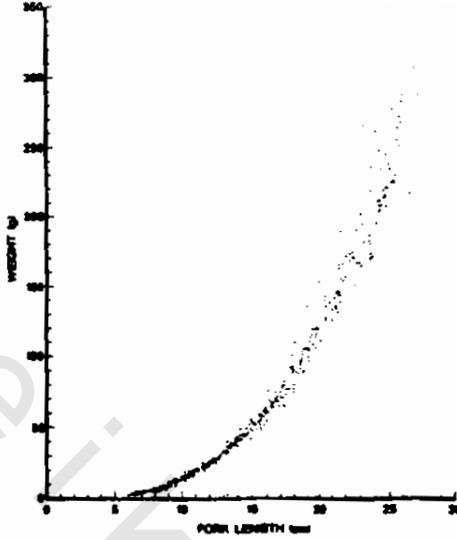
$$K = W / L^3$$

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

حيث (W) بالجرام ، (L) بالسنتيمتر وقد يرفع للأس الذي 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 ووفرتة ، وفى مقارنة عشائر تعيش تحت ظروف متشابهة أو مختلفة من حيث التغذية والكثافة والطقس وغيرها .

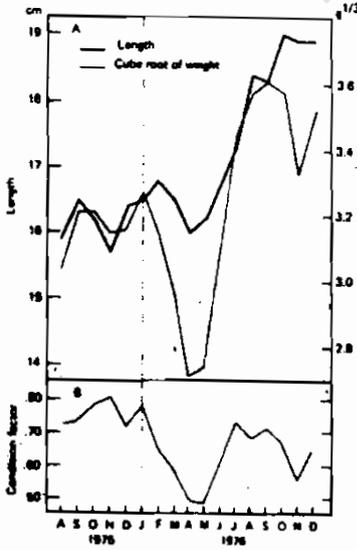
الوزن (جم)



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

الطول الشوكي (سم)

الطول



الجذر التكعيبي للوزن

طول وجذر تكعيبي لوزن  
أسماك البوت Pout  
النرويجي ققس عام  
١٩٧٤ . يقل الوزن في  
الشتاء ، ولا يقل الطول  
لوجود العمود الفقري  
وعليه فيختلف معامل  
الحالة كما يتضح من  
الجزء السفلي (B) من  
الرسم .

معامل الحالة

## ٢ - الحساب الرجعى أو حل العلاقة السابقة للمجم بالعمر Back-Calculation

### : or Reconstruction of Previous Size - at Age

ويجرى بقياس الطول على تراكيب هيكلية للسماك، ومنها يحسب الطول الكلى للسماك فى سنوات متعاقبة . وترسم العلاقة الخطية بين حجم التركيب الكلى وحجم الجسم المقدرين تجريبيا فى عينة كبيرة تحتوى 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 الكلى عند الحلقة المعنية ، ( $B_y$ ) الطول الكلى ( وقت الصيد ) للتركيب الكلى . 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 الممتصة غذائيا Assimilated 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 السمك Marking or Tagging : ويتطلب تكنيك معين قد يؤثر

على النمو، وقد يستخدم فيه التعليم الداخلى أو التلوين بالمضادات الحيوية والصبغات .

أو تستخدم مشابك الزعانف . وتم الدراسة بتتبع الزيادة فى الطول أو الوزن للأسماك المعلمة فيما بين فترتى التعليم وإعادة الصيد . وهى طريقة مكلفة مما يحدد من انتشارها على مستوى 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 نسبة هذين الحمضين  $\frac{RNA}{DNA}$  بزيادة النمو، ويفضل استخدامها فى العضلات البيضاء

للأسماك الناضجة وفي الأسماك كاملة في الطور اليرقي.

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

والحمض RNA يستخدم كمؤشر لمستوى النشاط الميتابوليزمي ولحجم الخلية النسبي ، بينما الحمضي DNA يستخدم كدليل لعدد الخلايا في الأنسجة المختلفة. وتزيد النسبة بين هذين الحمضين في العام الأول من عمره في العام الثاني لزيادة معدل النمو في السمك الأصغر. وبالتنو في سمك القد من ٣٠ إلى ١٠٠ سم انخفض تركيز DNA في العضلات لانخفاض عدد الخلايا لكل وحدة وزن جسم بزيادة حجم السمك.

ومن فوائد تقدير النمو في الأسماك ما يلي :

- ١ - تساعد معلومات النمو في الحصول على إنتاج عال من الأسماك في وقت أقل وذلك باختيار الأنواع الأسرع نموا .
- ٢ - تساعد في وضع التشريعات الخاصة بأوقات الصيد وأماكنه وحجم فتحات الشباك للمحافظة على الثروة السمكية بعدم صيد الأحجام الصغيرة لتمكينها من النمو والتكاثر.
- ٣ - تمكن من معرفة أفضل الظروف البيئية للحصول على أفضل نمو سمكي فنعمل على تعديل الظروف لأنتاج أعلى محصول ممكن.

### معدل النمو Rate of growth :

الطريقة الأساسية للتعبير عن نمو كائن هي وصف معدل النمو على طول حياته، وهذا المعدل ينتج من عدة عوامل تعمل مستقلة. ومعدل النمو تضاعفي أو لوغاريتمي أكثر منه حسابي 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 في نهايتها .  
ويعبر عن النمو بالمعادلة الأسية :

$$dy / dt = ry$$

حيث إن (dy/ dt) معدل التغيير في الحجم أو العدد في وحدة الزمن، (r) الأس لمعدل الزيادة في الحجم أو العدد، (y) حجم العشييرة أو الكائن النامي.

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

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

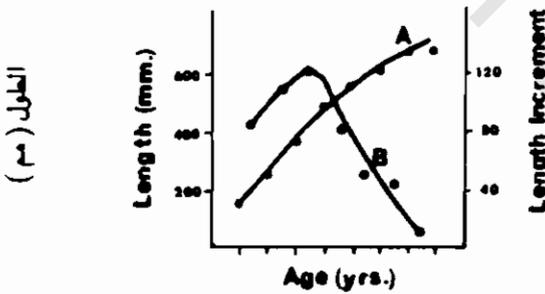
$$G = \frac{\log_e Y_T - \log_e Y_t}{T - t} \times 100$$

حيث إن (G) معدل النمو النوعي، (YT) الحجم النهائي عند الزمن (T) ، (Yt) الحجم الأولي عند الزمن (t)، (Lag<sub>e</sub>) اللوغاريتم الطبيعي.

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

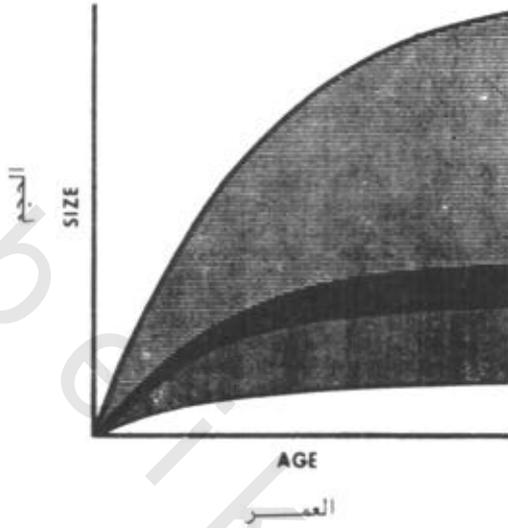
وحجم الجسم النهائي المميز لاكتمال النضج الجنسي في الطيور والثدييات لا يظهر عادة في الأسماك التي يظهر فيها نقطة هامة نسبيا تشير إلى أول نضج يظهر مرتبطا بأقل حجم حرج والذي تصل إليه الأسماك في عمر يتوقف على معدل النمو الجسمي. وبينما معظم الفقاريات الراقية لها أقصى حجم لا تتعداه مهما طال عمرها، فإن الأسماك تظهر نموا مستمرا ( طالما أن الغذاء غير محدد) طوال حياتها، وإن

قل تدريجيا معدل النمو بعد بلوغ أقصاه. أي أن عمليات النمو الأساسية في الأسماك تختلف عنها في الفقاريات الراقية. وعموما فإن معدل النمو عبارة عن مقدار التغير ( الزيادة) في الطول أو الوزن في وحدة الزمن. وغالبا يستخدم الطول للتعبير عن الحجم لصعوبة قياسه (بواسطة الإزاحة بالماء) عن الطول.



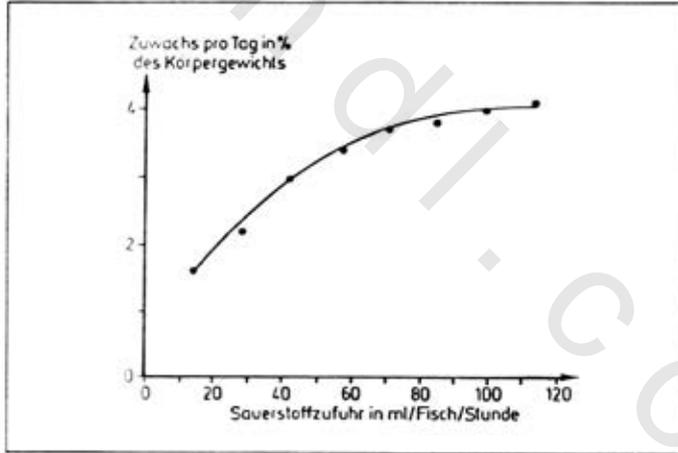
العمر بالسنوات

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



مقارنة معدلات النمو  
 لأنواع سمك سريعة النمو  
 (الأعلى) وأخرى نموها  
 بطيء (لأسفل) والمنطقة  
 السوداء منطقتا  
 مشتركة لفقر نمو  
 الأنواع الأولى (سريعة  
 النمو) وجودة نمو الأنواع  
 الأخيرة (بطيئة النمو)

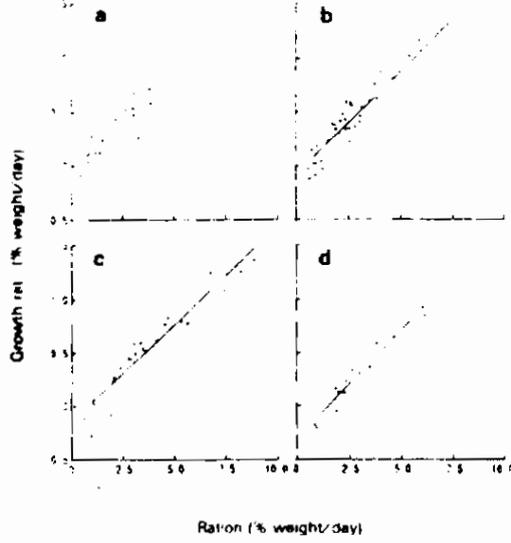
النمو اليومي %  
 من وزن الجسم



وفرة الأوكسجين مل / سمكة / ساعة  
 علاقة الأوكسجين المتاح بمعدل نمو المبروك على ٢٣ ° م

العلاقة بين معدل النمو  
النوعى فى الوزن  
ومستوى العليقة لصغار  
أسماك البكلاة Cod  
على درجة حرارة ٧ م°  
(a) ١٠ م°، (b) ١٥ م°،  
(c) ١٨ م°، (d)

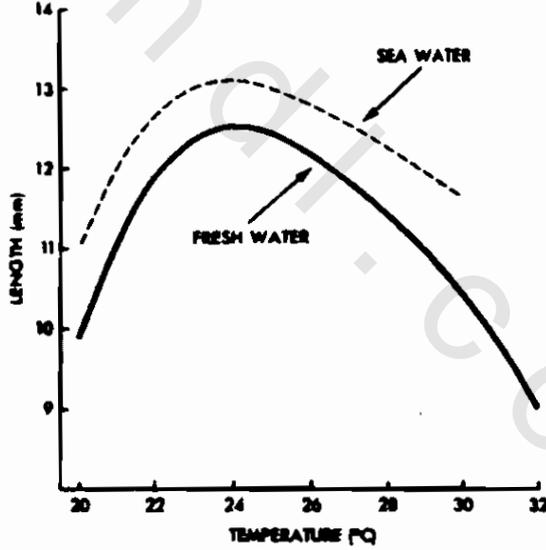
معدل النمو (% وزن / يوم)



العليقة (% وزن / يوم)

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

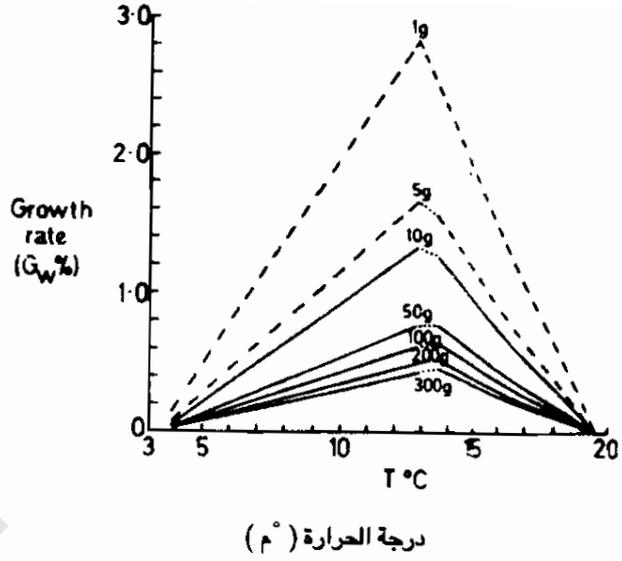
الطول (مم)



درجة الحرارة (م°)

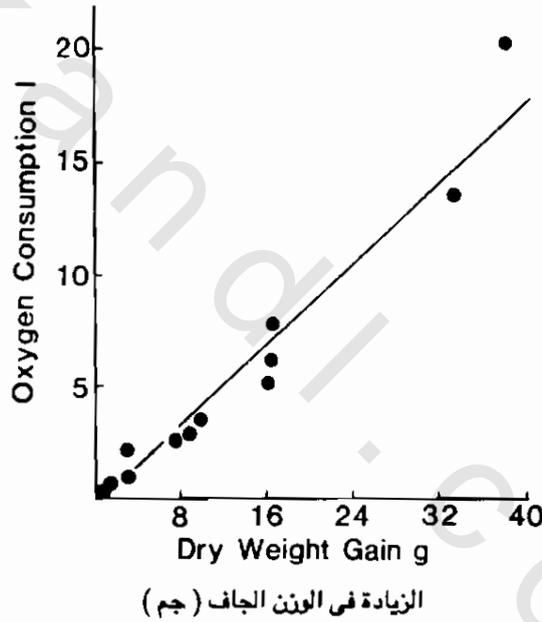
العلاقة بين معدل النمو النوعي ( % / وزن / يوم ) ودرجة حرارة المياه لأوزان جسم مختلفة من أسماك التراوت على أقصى معدلات تغذية .

معدل النمو النوعي



درجة الحرارة ( م° )

علاقة الزيادة في وزن الجسم الجافة باستهلاك الأوكسجين في أسماك القرموط الإفريقي ( لتر )



الزيادة في الوزن الجاف ( جم )

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

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

كما قد تستخدم عوامل نمو مختلفة لدفع نمو السمك من بينها المضادات الحيوية ( خاصة فى حالة نقص البروتين الحيوانى لتداخلها فى ميتابوليزم البروتين مما يجعلها تعوض نقصه لحد ما) والأحماض الأمينية والفيتامينات وكوريد الكويلت ونترات الكويلت والمعادن المختلفة ، ووجد أن أكثرها تأثيراً كانت كلوريد الكويلت، يليها النشا والبورون والمنجنيز فى العليقة. ولحجم جزئيات العليقة تأثيرها على النمو، فأقصى نمو يكون على حجم معين لجزئيات الغذاء لا بونه ولا أكبر منه ، ويزيادة طول السمك يزيد نسبياً حجم جزئيات الغذاء اللازمة لأقصى نمو، فالأسماك بطول ٤.٢ - ٢٠.٣ سم طول يكون أقصى نمو لها عندما تغذى على غذاء قطر جزئياته ٠.٢٢ - ٠.٢٦ × الطول الشوكى للسمك. وعموماً فإن أقصى نمو للسمك وزن ١٠ جم فائق 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 مات 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 ١٩٥٣ درس 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 معاً 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 المستنول 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 : ففي المبروك أدت إزالة كلى المبيضين إلى عدم إعادة نموها، كما أنه قد ينشأ تكاثر خصى مكانهما فيما يسمى بإعادة نمو جنسى مخالف Counter - Sexual Regeneration . كما أن إزالة أحد المبيضين بالنسيج المحيط لا تؤدي إلى إعادة نموه، بينما إذا تمت إزالة المبيض بحرص مع ترك النسيج المحيط فإنه يعيد نموه ثانية. ويؤدي عدم إزالة المبيض كلية إلى زيادة اتساع الجزء المتبقى كما يزيد امتداد الكلى على نفس الجانب

المزال منه المبيض ليشغل الحيز الناشئ 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 تمويضى فى الجهة المقابلة أو فى الميتانفرونات Metanephron ، وإذا زاد أو نقص حجم الأعضاء المجاورة فإن الفص المركزى الكلى إما أن يعاق نمو أو أن يزيد نموه، فمثلاً عند إزالة جزء من الخصى يحدث تشوية فى شكل الكلى وعدم تناسقها ، إذ أن نمو الخصية الملاصقة بشدة ينشط من تكوين الفص المركزى الكلى 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 طويلاً 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 الناشئ ، فمثلا قد يحدث امتداد للفص الرئيسى للكلى فى الفراغ الناشئ من إزالة مبيض أو خصية، ويمتد الطحال كذلك فى الفراغ الناتج من إزالة 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 بالتجديد في عشيرة أسماك هو إضافة أعداد جديدة للعشيرة لتصير متاحة في فترة خاصة من حياتها، عادة هي المرحلة التي يتم صيدها فيها. والتنبؤ بالتجديد ليس عملية سهلة، وذلك لتوقفه على عدد الإناث وخصوبتها وخصائص الحجم والنمو. إذ أن الخصوبة تكون مرتفعة في مرحلة عمر بون أخرى، وبالتالي يتباين عدد البيض لكل وحدة وزن من الإناث البالغة. كما يتوقف التجديد كذلك على التفوق في العشيرة، وهذا هو الآخر متباين الأسباب ( فيضانات ، جفاف ، انحرافات حرارية، رياح شديدة، تلوث ، كثافة سمك عالية تؤدي للاقتراض Cannibalism وللأمراض وسحب الغذاء). وتقوم عشائر الأسماك بزيادة وتنظيم ذاتها ، فمن تتبع عشائر السمك المنتشرة ثبت وجود علاقات محددة وأسس منظمة لتجديد العشيرة ذاتيا، فدللت الدراسات علي وجود علاقة ما بين وزن المبيض أو عدد البيض ( خصوبة مطلقة Absolute Fecundity ) بالنسبة لطول الجسم في صورة منحني بسيط أو لوغاريتمي يتحد ميله حسب حالة النضج الجنسي ، وهذه العلاقة توضحها المعادلة :

$$F = aL^b$$

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 ( كالتطول) ، وإن كان في بعض الحالات تكون النسبة بين الخصوبة المطلقة إلى وزن الجسم تميل إلى الانخفاض لحد ما بزيادة حجم (وعمر) الإناث مما يؤدي 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 الكلي (E) لعشيرة ما بشكل أولى بافتراض أنه نسبة من الوزن الكلي للإناث البالغة وذلك من المعادلة :

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

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

**وزيادة العشيرة** تكون نتيجة النمو بوجه عام في عشيرة السمك، والذي يشير إلى الوزن الإجمالي للسمك الحى الناتج في فترة زمنية معينة، والذي ينتج من تمثيل الغذاء ، وبالتالي فإن وزن الغذاء الممثل ( $B_2$ ) خلال فترة معينة لو خصم منه الفقد في إنتاج السمك نتيجة التنفس خلال نفس الفترة ( $B_T$ )

لأعلى 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 :

$$P = B_c - [ B_r + B_v + B_u ]$$

**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، والتغيرات 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 الإنتاج 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 ( إنتاج السمك من الغذاء الطبيعى ) والانتاجية الراجعة للتسميد والانتاجية الراجعة للتغذية الصناعية .

وإنتاج السمك ليس نمواً وديناميكياً فى العشيرة فقط بل هو كذلك يرتبط بعمليات الإنتاج الأخرى المعقدة لنظام البيئة المائية الذى تكون فيه الأسماك وأنشطتها جزءاً منه . فهناك المنافسة والمفترسات والفرائس والهرم الغذائى Trophic Pyramid وغيرها مما يؤثر على ديناميكىة 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 التغيرات الأساسية 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 والتي فقدت بالفوق، بينما الإنتاج الصافى هو الفرق بين الإنتاج الكلى والفقء الراجع للميتابوليزم والفوق .

ومن طرق قياس المحصول ( العشيرة ) :

#### ١ - الإحصاء المباشر Direct Enumeration :

وقد تتم بدراسة كثافة المنطقة بافتراض أن العشيرة لاتهاجر على الأمل 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 صنابير 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 بآنايب بلاستيك مجهزة من الداخل بأجهزة عد تحصى السمك أتوماتيكيا وتسجل العدادات هذا الإحصاء ، كما توجد كاميرات تليفزيونية ذات نواثر مفلقة 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 والإحصاء 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 قطع 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 :

$$ne = \frac{n^{\wedge}}{a} A$$

حيث (n^{\wedge}) متوسط عدد البيض فى العينة، (a) مساحة منطقة العينة، (A) المساحة الكلية لمنطقة وضع البيض .

وقد ترتبط الطرق الإحصائية بالسمع، وذلك باستخدام 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 الأولية من تحديد حجم العشيرة التي 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 في 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 الثاني. أو المعادلة :

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

حيث (p) حج العشيرة المقدرة، ( $B_C$ ) الصيد السنوي، ( $B_m$ ) الكائنات الحية (أسماك) المستبعدة بسبب النفوق الطبيعي، (k) مكافئ لنسبة الإنتاج. وهذه تتوقف على جهد الصيد Catch Effort ، سواء كان الجهد متغيراً أو ثابتاً. ففي حالة الجهد المتغير يفترض أن الصيد لكل وحدة جهد - Catch ( $\frac{C}{F}$ ) per - unit effort أو المعروفة بالاختصار (CPUE) تكافئ حجم العشيرة (N) مضروباً في القابلية للصيد (q) في شكل المعادلة :

$$\frac{C}{F} = qN$$

فإذا رسمت العلاقة بين الصيد لكل وحدة جهد مقابل الصيد الكلي لنشأت علاقة خطية لها ميل Slope مساوي للقابلية للصيد (q) الجزء المقطوع (qN) Intercept مساوي للعشيرة الأصلية مضروباً في القابلية للصيد، ومنه يقدر حجم العشيرة بقسمة الجزء المحصور (من تحليل الارتداد) على الميل، أو بإيجاد نقطة تقاطع خط الارتداد مع الإحداثي السيني.

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

$$C_{max} = XMB_0$$

حيث ( $C_{max}$ ) أقصى محصول (كجم / هكتار / سنة) ، (X) ثابت يمثل الإنتاج السنوي الكلي الممكن الحصول عليه من المصايد، (M) معدل النفوق الطبيعي، ( $B_0$ ) متوسط الكتلة الحيوية (كجم / هكتار) ، وقد اقترح عادة قيم (X) حوالى 0,5 .

## ٢ - الترقيم وإعادة الصيد Mark & Recapture :

وهي من أبسط وأكثر الطرق استخداماً 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 إجمالي الصيد الثاني كنسبة إجمالي السمك المعلم أولاً إلى إجمالي العشيرة، وكذلك على افتراضات أن السمك المعلم في الفترة من إعادته للماء وحتى إعادة صيدته لم يعاني 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 عشوائياً ) ، وأنه لم يحدث إضافات للعشيرة. وقد يطلق على طريق بيترسن هذه الإحصاء 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 في زمن العينة الأولى وليس لزمن إعادة الصيد .

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



سمكة مبروك عمر ٤ سنوات  
مرقمة بقلم نترات فضة



سمكة تراوت مرقمة بعلامة  
معدينية في الفك السفلى

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

ويستخدم الترقيم فى تقدير حجم العشيرة ، كذلك فى دراسة الهجرة وتوزيع ونمو ونفوق الأسماك . وتستخدم فيه مرقمات Tags من الفينيل أو المعدن أو البلاستيك . وفيها يفترض أن نسبة النفوق فى السمك الملعوم هى ذاتها فى غير الملعوم، وأن الأسماك لا تفقد علاماتها ، وأنها تختلط بالأسماك الأخرى عشوائياً، وأنها يعاد صيدها جميعاً. والعلامات المستخدمة فى الترقيم والتعليم Marking & Tagging يشترط أن تكون رخيصة، سهلة التصنيع، توضع بأله حتى 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 الشواطئ، ومتوسط درجات الحرارة، وأعلى متوسط حرارى ، ومكونات المياه المختلفة ( كمغذيات للطحالب التى تتغذى عليها الأسماك )، والجوامد الذائبة الكلية، والهوامم ، وحيوانات القاع، وصيد السمك، وذلك كدلائل للإنتاج . وأبسط هذه النماذج دليل ريدير ( MEI ) Ryder's Morphoedaphic Index 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 آخر أدق لحساب المحصول يأخذ فى اعتباره الكتلة الحيوية للعشيرة والنمو ومجهود الصيد والنفوق وقد يعبر عن هذا الدليل ( MEI ) كذلك بالمعادلة :

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

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

## العمر Age :

وهو عبارة عن الفترة الزمنية من الفقس أو الولادة وحتى الموت أو الصيد . ويختلف عمر الأسماك حسب نوعها ومناطق معيشتها ، فأسمك المناطق الدافئة سريعة النمو المستمر تكون أعمارها أقصر منه فى أسماك المناطق الباردة طويلة العمر . فهناك أسماك طول حياتها ٣ سنوات وأسمك أخرى عمرها ٥٠ سنة وأكثر كالحفش Sturgeon . فالأسماك التجارية كالقند 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 للسماك 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 . فافضل تقييم 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 والتفوق والانتشار 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 تستخدم 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 : أتق تقدير العمر فى الأسماك تحت ظروف التفريخ الصناعى والرعاية شبة الطبيعية فى الأحواض Ponds . ويمكن تقدير العمر بدقة بتخزين هذه الأسماك فى البيئة الطبيعية إذا أعيد 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 والنزى 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 في الأعمار الأكبر من ٢ - ٤ سنوات، ومن مساوئ هذه الطريقة أنه قد يتم الفقس في 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 هي الطريقة الوحيدة لتقدير عمر الأسماك عديمة القشور أو إن كان صعب تفسير القشور والأجزاء الصلبة الأخرى. ولدقة النتائج ينبغي سحب العينة على فترات قصيرة لتقليل تأثيرات النمو الموسمية، وأن تحتوي العينة على مدى واسع من الأحجام وعدد كاف من الأسماك الأصغر في العشيرة، وكل شكل ينبغي أن يعكس التجديد السنوى، فيساعد التدرج الشكلى في تأكيد العمر، إذ يفترض أن منحنيات أشكال توزيعات تكرار الطول لعينة سمك تظهر عمر المجاميع . وقد ابتكر العالم الدنماركى بيترسن Petersen ١٨٩١ هذه الطريقة لأول مرة لذا فتمسى باسمه ، وهى تفضل استخدامها للأسماك الصغيرة التى تتكاثر مرة واحدة فى العام، وتعتمد على قياس أطوال نوع معين من السمك ورسم المنحنى البيانى للتوزيع الطبيعى بين الطول والتكرار ( عدد الأفراد) . ولحدوث تداخل Overlapping بين مجاميع الأعمار المتقاربة فإنه ينبغي 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 على استمرارها أو مداها وموقعها وجودة النسيج المرتبط. وتجدد 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 وتحديث 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 التغيرات الموسمية في الغذاء ودرجة الحرارة والتبويض ، إذ أنه في الشتاء عندما يقل أو يوقف النمو تعاني هذه الأنسجة من بعض إعادة الامتصاص Reabsorption من مكوناتها 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 تدلل على أنها لم تتكون في أثناء نقص النمو السنوي الأساسي.

وتفحص القشور تحت الميكروسكوب وقد تكبر ظللالها 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 . وتضاهي النتائج للعمر بنتائج تقدير العمر بطريقة أخرى ، وعادة يكون التركيب الحلقى معروف لكل باحث في مجموعة من الأنواع .

## أ - القشور :

أشهر التراكيب الكلسية استخداما في تقدير أعمار الأسماك العظمية . وتبدأ القشرة بالجزء المركزي الممثل لصفحة القشرة، ثم تتكون حولها نواتر 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 استخدام 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 نون الإضرار بالسمك.

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

٤ - سهولة حفظها وضغطها على الشرائح للفحص.

٥ - نفاذيتها للضوء وسهولة صبغها للفحص.

إلا أن استخدام القشور فى تحديد العمر يؤدي 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 دقة زاوية وسمك التقطيع لدقة ظهور حلقاتها المحددة العمر. وعموماً فإن أول استخدام 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 تؤدي إلى حسابات لعمر فى 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 - ثبات عددها طول حياة السمك، لذا تؤخذ من أكثر مناطق الجسم حماية.

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

٣ - أن يكون تكوين حلقاتها سنوياً وفى نفس الوقت من كل عام تقريباً .

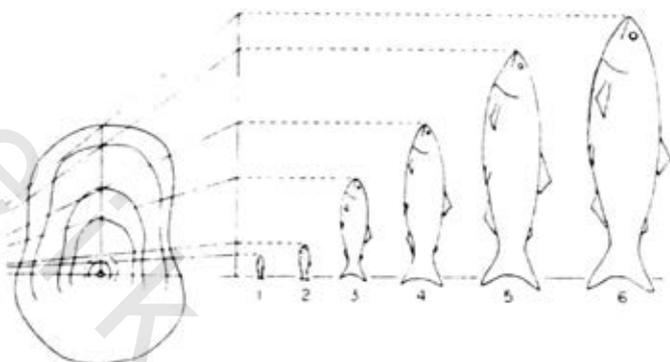
٤ - أن تكون قياسية فى تحديد العمر، لذا تحدد مناطق نزعها من على جسم السمك حسب كل نوع.

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

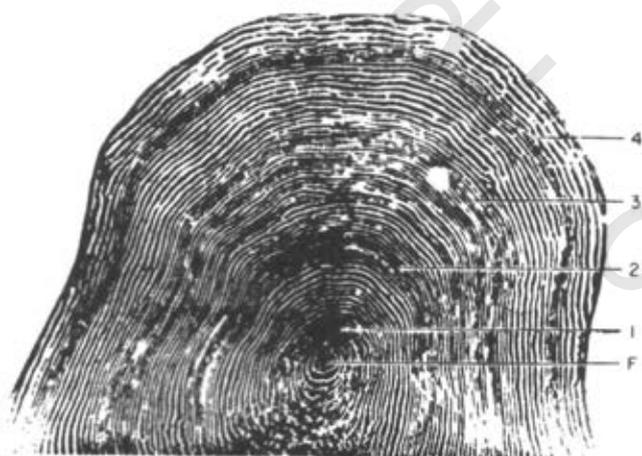
كما يلزم معرفة المعلومات البيئية الأساسية ( كفترة التكاثر وموسم الأمطار ومستوى الماء ووفرة الغذاء وغيرها) وتاريخ حياة الأسماك لسهولة تفسير وتحليل عدم انتظام أشكال الحلقات على القشور. إذ قد ترجع علامات وقف النمو Growth Stop Marks فى قشور الأسماك إلى سلوك هجرة الأسماك المرتبطة بفترات عدم وفرة الغذاء أو 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 السمك تظهر أول قشور بعد فترة ٢ - 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 الدافئ مع استعمال فرشاة طرية لإزالة العائق بها من الأنسجة الأخرى، أو تنقع فى محلول مخفف من

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



علاقة حجم ( طول ) الاسماك 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 .

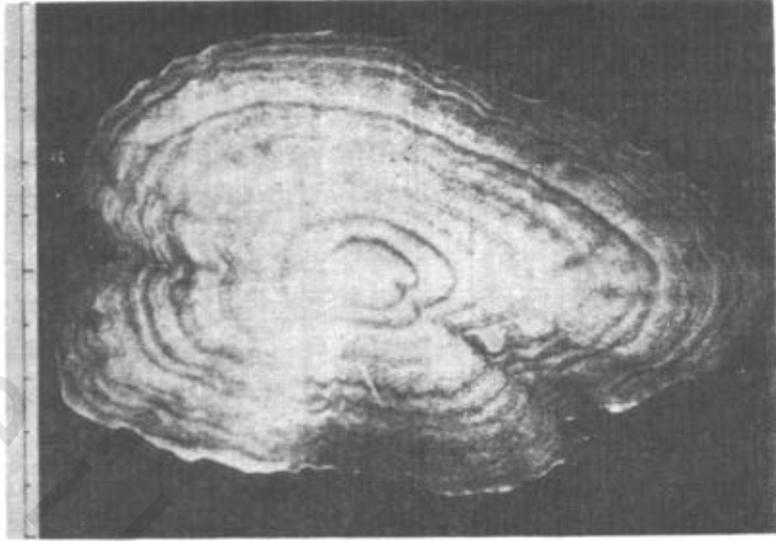
وفي الوسط بؤرة نفس القشور . ولأسفل ترتيب تكوينات حلقات نفس القشور .

## ب - حجر الأذن (Earstone (otolith) :

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

ويستخدم الإشعاع الضوئي وانعكاسه لتحديد النوات العظمية وعلاقتها بالعمر وتميز الحلقات السنوية بأرقام رومانية تدل على العمر بالسنين. واستخدام حجر الأذن لا يفيد كثيرا في تحديد عمر الأسماك المعمرة بسبب اندماج الإضافات العظمية مع بعضها. وقد تستخدم كذلك حجم أو وزن هذه الأحجار في تحديد عمر بعض أنواع الأسماك، لكن الأغلب فيها تقدير العمر بعد الحلقات اليومية على حجر الأذن خاصة في مراحل النمو الأولى التي تتكون خلالها بانتظام بنون ارتباط بطول السمك وقطر حجر الأذن ، إلا أنها طريقة تتطلب تجهيزات معقدة عن طريقة تحليل القشور، ولا يؤخذ عند حلقات حجر الأذن فقط في الاعتبار في 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 في بعض الأنواع ولا سنوية في أنواع أخرى، والبعض الآخر ليس على حجر أذنه أي علامات واضحة ، وحجر الأذن للأسماك القطبية تختلف عنه في أسماك المناطق المعتدلة ، لذلك نصح باستخدام العلامات اليومية، على حجر الأذن في تحديد العمر. والمظهر العام لحجر الأذن شفاف Hyaline مع وجود مناطق رقيقة غير شفافة Opaque، ودراسة حجر الأذن بالميكروسكوب الإلكتروني توضح تراكيبه المنشورية من مادة بلورية تجرى في أشعة من مركز الحجر إلى الخارج جهة الحافة، وكل منشور بلوري يتركب من ألياف بلورية تتركب هي الأخرى من بلورات صفراء مرتبة بطول محاور النمو. وتؤدي الاختلافات الإيقاعية في ترسيب البلورات الصغيرة والمواد العضوية المحيطة Matrix في دائرة يومية تؤدي إلى تكوين زيادات نمو يومية، وكل زيادة تتكون من وحدة مستمرة وأخرى غير مستمرة، ويؤدي 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 في بعض الأسماك ، بلغت هذه الاختلافات حوالي 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 بالميكروسكوب الإلكتروني باشعة إكس لأحجار أذان سمك الثعبان لتقدير العمر.

حجر أذن لأحد  
أسماك القوابع  
Halibut عمر ١٢  
سنة



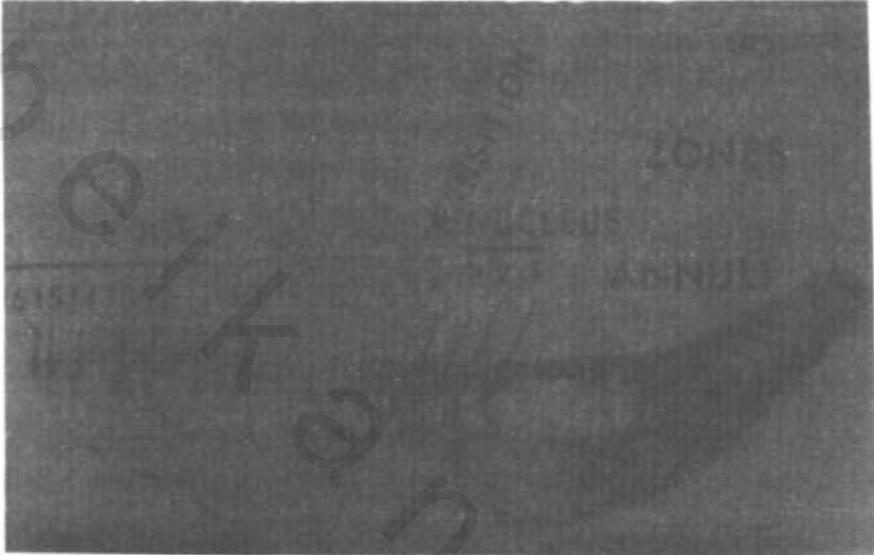
### ج - تراكيب عظمية أخرى :

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 الظهرية في سمك كلب البحر الشوكي Spiny Dogfish بعد تعليمها ( صبغها ) بالأكسجين 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 بالميكروسكوب الإلكتروني للكالسيوم والفوسفور فيها ، فقد كانت عدد المنحنيات في تركيزات الكالسيوم والفوسفور مساوية لعدد شرائط النمو المعتمة المقطرة من صورة أشعة إكس أو من القطاعات الفقارية . إلا أنه كما تندمج حلقات حجر الأذن وتتزاخم عند الحافة ، فإن العمود الفقري كذلك لا تنمو أجزاءه المختلفة بنفس النسب . لذلك فإن بعض قطاعاته تكون مضللة في تقدير العمر .

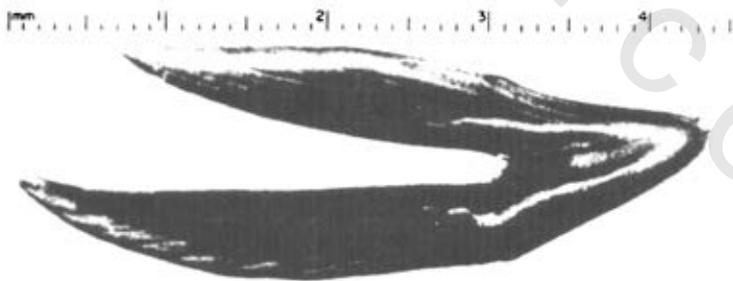
وتستخدم أكبر عظام الحزام الكففي cleithra في أسماك الكراكي في تقدير عمرها كذلك ، ووجد أن مناطقها المعتمة تتكون أسرع مما تتكون المناطق الشفافة . فهذه المناطق في الأنسجة الكلسية تعكس التغيرات في معدل النمو، فمقارنة هذه المفاصل متماثلة الحجم من عشرين نجد أنها للأسماك بطيئة النمو تنفذ ضوء أكثر لأنها بها مناطق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

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

وثبت أن المناطق الشفافة تحتوى على كالسيوم ومحتوى غير عضوى كلى أعلى مما فى المناطق المعتمة، كما أن الكالسيوم والمحتوى غير العضوى الكلى فى كلا المنطقتين (شفافة ومعتمة) يزيد بزيادة العمر ويانخفاض معدل النمو. ويتناسب محتوى الكالسيوم والمعادن الكلية عكسيا مع الكثافة الضوئية، فهناك مناطق ضوئية وكيمائية 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 عجل بحر Seal ذكر عمره ٩ سنوات

نمو النسيج المتكس ومناطقه الضوئية من خلال تخليق الأرضية Matrix البروتينية، وعليه فأي عامل يؤثر على معدل النمو التراكمي Appositional للأرضية البروتينية للنسيج المتكس سيسجل في شكل اختلافات تكسية.

### صلاحيات طرق تقدير العمر :

قد تكون إجراءات وتفسير طريقة معينة صالحة لأنواع سمكية معينة تحت ظروف خاصة، ولا ينبغي 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 في بيئة طبيعية أو في الأسر تحت ظروف شبة طبيعية.

وهناك ارتباط جيد بين العمر المقدر من التراكيب الكسبية والعمر الحقيقي للسمك الصغير العمر والسمك سريع النمو، ثم يظهر الفرق بين العمرين ( المقدر والحقيقي) بزيادة العمر وخفض معدل النمو، إذ يصير العمر المقدر من القشور أقل من الحقيقي في الأسماك الأكبر عمرا والأفراد الأبطأ نموا.

ولاختبار دقة طريقة التركيب المتكس لتقدير العمر والنمو هي تعليم Labelling النسيج المتكس وذلك بصيد السمك وترقيمة ثم حقنه بمرقم Marker مثل الفلورور كروم Fluorochrome أو التتراسيكلين ثم ترك السمك في الماء ليصاد مرة أخرى بعد فترة معلومة لفحص الأنسجة الكسبية المعلقة 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 متوفراً دائماً، لذلك تستخدم طرق غير مباشرة لتأكيد العمر المقدر، مثل توزيعات تكرار طول السمك المرتبط بعمر السمك. ومن طرق تأكيد العمر المقدرة كذلك استخدام بعض الظروف البيئية والفسيوولوجية المعروف عنها ارتباطها الدقيق بالعمر كما في أول النضج الجنسي والتبويض عندما يحدث في عمر معين.

### تقدير عمر الأسماك الاستوائية :

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

فقد وجد من أنواع البلطي 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 في المناطق الاستوائية التي تؤدي أحياناً إلى ظهور حلقات نمو قد تظهر التغيير الحاد في نوعية المياه من ماء شروب Brackish إلى ماء عذب Fresh في 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 قشورها 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 الذراع والذيل) نو الفقرات مقعرة الوجهين ثم الحزامان (صدرى وحوضي) والزعانف، وفقرات الذراع تحمل ضلوعا . بينما الأسماك العظمية لها هيكل كما فى الأسماك الغضروفية لكنه عظمى، فالجمجمة كثيرة العظام الكلسية أو القشائية أو المعوضة، فالجمجمة متطورة ومتخصصة وتحمل أسناناً نكية، والعمود الفقرى يحمل عادة ضلوعاً علي كل فقرة فى منطقة الذراع، كما يوجد حزام الحوض فى معظم الأسماك فيتصل مفصلياً بالزعانف الحوضية، ومعظم الأسماك لها زعانف صدرية وحوضية.

## النفوق Mortality :

معرفة معدل النفوق شىء 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 والتي توضح أنه بزيادة الحجم تكون المناسل نسبة 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.

وغالبا 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) مضروباً فى اللوغاريتم الطبيعى (e) مرفوعاً للأسس السالب للنفوق الكلى (Z<sub>t</sub>) بعد هذا الزمن والذي يستمد من نسبة الحيوية (S) Survival Rate (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 الطبيعي (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 مضروباً في احتمال ما لم ينفق طبيعياً. فالنفوق مكمل للحيوية فإذا كان النفوق (A) فإن :

$$A = 1 - S$$

حيث إن :

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

وتقديرات الحيوية والنفوق المتوقع من الصيد تشكل أساساً للعديد من برامج الرعاية. والتي يفترض فيها ثبات النفوق الطبيعي، وقد تكون الحيوية والصيد ثابتة القيم، أو ربما تتغير الحيوية وتشير إلى عدم ثبات الصيد على مدار العام.

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

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

١ - طرق تحليل الصيد Catch - Analysis Methods : وتعتمد على قياس النقص في وفرة ( نسبياً أو مطلقاً) مجاميع الأسماك في 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 - طرق تاريخ الحياة Life - History Methods وتتوقف على الملاحظات، إذ يرتبط النفوق الطبيعي بشدة بمقاييس تاريخ الحياة كمعدل النمو، والعمر عند النضج الجنسي، والفقد بالتناسل، وأقصى عمر، وأقصى 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 للنفق الطبيعي مع واحد وأكثر من هذه المقاييس.

٣- طرق الافتراض Predation Methods : وقد يحلل فيها أفراد قفس واحد لنوع منفرد من السمك، أو يمتد التحليل ليشمل عدة أنواع تتضمن المفترسات الأساسية وتحليل أفراد القفس 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 في تحليل نوع أو عدة أنواع فإن هذه الطرق تؤدي إلى إعطاء تقييم للنفق الطبيعي كمجموع معدلات النفوق الغير راجعة للصيد، علامة على أنها توضح فريسة كل نوع من المفترسات الأساسية والتي بقياس أحجام الفريسة والمفترسات المختلفة يمكن تقدير مكون الافتراض في النفوق الطبيعي.

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

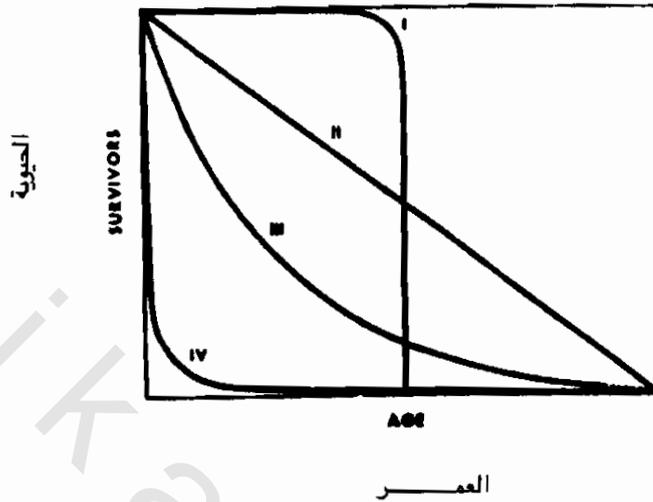
$$N_i = N_{i+1} + C_i (( F_i + M ) / F_i$$

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

#### معدل النفوق الطبيعي لبعض الاسماك

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

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



منحنى حيوية السمك ممثل في اربعة طرز فرضية، المنحنى الأول نمط فسيولوجى فيه تقريباً كل النفوق يحدث فى عمر معين ( كما فى الجاميع العملية)، والمنحنى الثانى يصف تأثير نسبة نفوق سنوية ثابتة من العدد الاصلى، 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 والفسيوولوجية ( وظائف أعضائها ) عما هى عليه فى الحيوانات الثديية ، كما وأنها تتباين من هذه النواحي 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 ودييقة 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 ليعتمد على الفم حتى يسهل التنفس والسمك ملتصق بغمه على العائل . ويختلف حجم الفم كثيرا طبقا للعادات الغذائية ففتحة صغيرة فى أكلات القشريات الدقيقة كالسمك الأبيض ، بينما فى المفترسات كالكراكى فلها فتحة عريضة ، كما أن أكلات البلانكتون التى تتطلب ابتلاع كميات كبيرة من الماء فلها فم واسع ، وأسماك مثل الحفش جاروفى الأنف Shovel-nose Sturgeon لها فتحة فم أوسع من عرض 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 المرئ كذلك ) أو التجويف الفمى البلعومى أو المعى الأمامى Foregut والذى 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 Enamel ليست منشورية لكنها ليفية ( لاتشب سينا أسنان الثدييات ) غنية بالمادة العضوية .

فالأسماك آكلة القشريات والرخويات لها أسنان قصيرة كثيفة ، وأكلات الهوانم الحيوانية أسنانها أقل تطورا ، وأسماك الشعب Reef Fishes كأسماك الفراشة Butterfly Fishes لها فم دقيق نو أسنان دقيقة قاطعة بارزة لقمض المرجان ، بينما أسماك البيغاء 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 فى متجهة للخلف ، بينما أسماك القنفذ وغيرها مما يكسر المرجان والمحار فلها ٢ - ٤ أسنان كبيرة كما لها طواحين غير حاده . وتقسم الأسنان البلعومية ( سقافية وقاعية ) بفرم الغذاء .

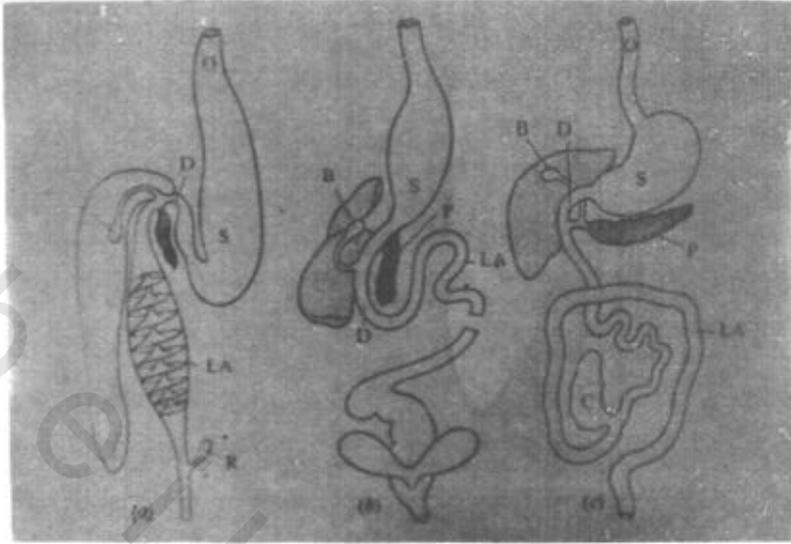
وقد تتواجد الأسنان على مختلف الأجزاء العظمية فى الفم خاصة الفكين ، وقد تحمل الأقواس الخيشومية كذلك أسنانا حقيقية بل وقد يحمل اللسان والطلق Throat أيضا أسنانا . وتستبدل الأسنان التالفة على مدار العمر . والأسماك عديمة الأسنان الحقيقية لها أسنان كاذبة تتكون من الكيراتين ( قرنية ) . ويلتقط الغذاء وأحيانا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

والأسماك آكلة العشب أسنانها عبارة عن كباشات خيشومية تغريل النباتات الميكروسكوبية من الماء ، بينما الأسماك آكلة اللحم أسنانها متطورة تمسك وتمزق كما أن لها كباشات خيشومية متطورة لمسك وإعادة ويشورجرش 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 غدند لعابية فى شكل عضوى إلا أن ثلاثية الفم وتجاويف الخياشيم لها عدد كبير من الخلايا الغدية المفردة المنتجة للمخاط ( خلايا جوبلت Goblet Cells ) لتطرية الطعام ويسهل بلعه .

٢ - المريء 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 المريء مباشرة فى المعى الأوسط Midgut أى فى الأمعاء . ويحتوى المريء على غدند أو خلايا مخاطية وقد توجد أحيانا غدند معدية Gastric على الجزء الخلفى من المريء خاصة ، إلا أن الحويصلات الليمفاوية لاتوجد بشكل دائم فى مريء الأسماك بينما قد توجد براعم تنوق Taste Buds . وفى الأسماك المفترسة يمتد المريء لدرجة كبيرة مما يمكنها من ابتلاع فريسة يصل طولها أكثر من نصف طول السمك

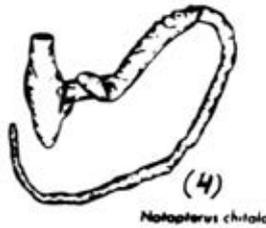
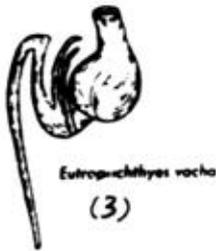
ذاته ، وذلك لوجود نظام خاص من الجيوب أو الثايا ذات ألياف سائبة تسمح للثايا بأن تتحرك في أثناء البلع . وفي الأسماك ذات المثانة الهوائية قد يكون لبعضها ممر هوائي Physostomi بين المثانة الهوائية والمعى الأمامى والذي قد يفتح ظهريا فى المرئ . عادة ، إلا أنه يفتح فى المعدة فى كل من أسماك الحفش والرنجة ، وإن كان للرنجة قناة ثانية لمثانة العوم تفتح فى الشرج Anus . وتحدث صوتا عند طردها للهواء خلال هذه الفتحة . وقد تقوم جيوب المرئ بتخزين الغذاء وتقطيعه وطحنه 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 أنبوية غير محددة الأطراف ولا تميز إلا بدراسة نسيجها وقياس PH . وفى معظم الأسماك تأخذ المعدة شكلا من الحروف اللاتينية مثل (Y) أو (U) بفرع هابط وآخر صاعد ( أى فؤادى Cardiac و Pyloric على الترتيب ) ، وقد يكون قطرهما مساويا لقطر الأمعاء كما فى التراوات ، أو أن تكون أسماك 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 . ولتحتوى المعدة على غدد فؤادية ، وتتشابه الغدد المعدية للأسماك مع مثلثتها 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 شئت 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 التسيج تحت المخاطى مكونا أليافا كولاچينية كثيفة ، وعلى ذلك فهذه المعدة ليس لها وظيفة كيميائية 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 تتبلع 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 تتبلع ٣٠ - ٥٠ ٪ من وزن جسمها فى وجبة واحدة .



### مقارنة القناة الهضمية في :

(a) سمك الكلب	(b) الضفدعة	(c) الثدييات	(o) المرئ	(s) المعدة
(D) الأثنى عشر	(p) البنكرياس	(B) المرارة	(L) الكبد	
(R) غدة المستقيم	(C) الأعور	(LA) الأمعاء الغليظة		



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

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

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

٤ - المعى الجزئى Trunk Gut : قد يصعب فى كثير من الأحيان بل قد يستحيل التمييز بين الأمعاء الدقيقة ( المعى المتوسط Midgut ) والأمعاء الغليظة ( المعى الخلفى Hindgut ) فى الأسماك ، لذا يطلق عليهما معا المعى الجذعى عادة ، وإن كان يمكن تمييزها فى القراميط تشريحيا ، كما يوجد صمام حلزوني 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 طبقة سميكة من الألياف الكولاجينية 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 الاستفادة الكاملة من المواد صعبة الهضم ، بينما الأمعاء القصيرة تكون أكثر تخصصا ، فطول الأمعاء نوع من التخصص والتأقلم على البيئة الغذائية ( وحتى فى الأسماك 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 أمعائها مستقيمة وقصيرة ، بينما الأسماك مختلطة التغذية ( آكلة كل شيء ) فيكون طول أمعائها متوسطا بين طول أمعاء آكلة العشب وآكلة اللحوم ، وعموما طول الأمعاء يتراوح ما بين ٠.٢ - ٢٠ ضعف طول الجسم ، وهو يزيد بالنمو ويقل بالصيام . وايست العبارة 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 الشرح فى كثير من الأنواع ، وقد يكون سطح الامتصاص فى شكل ثنايا حلزونية أو زجزاجية . وتنتهى الأمعاء بالمستقيم Rectum الذى قد يفصل بينه وبين الأمعاء صمام ، ومخاطية المستقيم غنية بخلايا جوليت والخملات للامتصاص .

٥ - الزوائد البوابية Pyloric Caeca أو المعى الأعور ( والرئوب الأهورية ) : يوجد عند منطقة ارتباط المعدة بالأمعاء الرئيسية فى كثير من الأسماك ، إلا أنه يغيب فى الأسماك عديمة المعدة . ويختلف عدد وحجم هذه الزوائد الأهورية باختلاف الأنواع والأفراد ، فأسماك النازلى Hake لها أعور واحد وأسماك الفرخ الأصفر له ثلاثة أعور ، وفى السالمون وأسماك قواقع البحر Seasnails مايقرب من مائتى أعور أو أكثر ، وأسماك الفحم Coal Fish واليكلا الأسود Black Cod لها أكثر من ٩٠٠ أعور وأحيانا حتى أكثر من ١٠٠٠ أعور ، إلا أنها تتصل بعدد قليل من الفتحات ، فأسماك الفحم ذات التسمعات 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 الأعور فيعتقد أن لها أهمية خاصة فى امتصاص الدهن والشموع ، كما تلوى أعدادا كبيرة من الطفيليات ، لذا فإن . وظيفة هذه الزوائد فى أنشطة الإنزيمات الهاضمة والامتصاص ، وتركيبها يشبه باقى الأمعاء الرئيسية . ونادرا ماتوجد

الأعور بين المعى الأوسط والمستقيم ( كما في سمك موسى ولسان البحر ) ، وإذا وجدت كذلك فإنها لا توجد في كل أفراد النوع . وبعد موت السمك تؤدي إنزيمات هضم البروتين في الأعور إلى تحلل ذاتي بسيط يؤدي إلى مذاق خاص للسمك ( كالرنجة ) وعليه فعند تصنيع السمك لاتزال الأعور .

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

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

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

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

## التغذية Nutrition

تعرف التغذية بأنها علم تعريف تداخل العيوان بأعلافه لغرض التقدير الكمي للاحتياجات الغذائية الكافية للوظائف المختلفة .

أى علم تقرير الاحتياجات الغذائية فى شكل مكونات كالبروتينات (والأحماض الأمينية) والدهون (والأحماض الدهنية) والفيتامينات والعناصر المعدنية ، بجانب نسب هذه المركبات ، ومستويات التغذية 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 والفسيوولوجى ومتداخلة فى كل عمليات الجسم بمختلف مراحل الحياة خاصة عمليات النمو والتكامل والهجرة ، وتؤثر فيها اعتبارات بيولوجية وجوية واقتصادية وجودة المياه . والتغذية تشكل ٣٤ - ٤٤ ٪ من جملة تكاليف إنتاج السمك ( كتغذية صناعية أو خارجية ) . واقد بدأت دراسة تركيب علائق الأسماك منذ أكثر من مائة عام ، تلاها دراسة سلوك التغذية واختيارية الغذاء فى الأسماك وطاقة الغذاء والطاقة المهضومة .

## السلوك الغذائى Feeding Behaviour

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

وتعتمد الأسماك فى بحثها عن غذائها على حواس طبيعية وكيميائية ، فتستغل النظر أو السمع أو الخط الجانبى أو أعضاء الحس الكهربائية أو حجر الأذن والتنوق والشم منفردة أو بكثر من حاسة فى نفس الوقت حسب نوع السمك ونوع غذائه وطبيعة سلوكه ونشاطه . فبعض القراميط تتجذب نحو العلائق المحتوية على الألانين ، وبعض أسماك الترسمة Turbot تثيرها احتواء العليقة على الأينوسين والموسفات أحادى الأينوسين ، كما يزيد استهلاك أسماك المبروك للغذاء بتأثير لونه وشكله .

وهناك أسماك تبحث عن نوع معين من الغذاء فتسير مسافات طويلة للحصول عليه ، بينما القوارى ( مختلطة التغذية - أكلة كل شىء ) انتهازية Opportunistic تحصل على غذائها فى مناطق بيئية متعددة . وعلى هذا فتقسم الأسماك من حيث عاداتها الغذائية Feeding Habits إلى :

١ - آكلات عشب Herbivores

٢ - أكلات لحوم Carnivores

٣ - قوارت Omnivores

لكنها أيضا تختلف في درجة التخصص في عاداتها 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 محدودة من الغذاء .

ج - مختلطة التغذية Euryphagous تتغذى على أعلاف مخلوطة .

وعموما فإن معظم أنواع السمك مختلطة التغذية ، فحتى مبروك الحشائش إذا توفر له البروتين الحيواني يتغذى عليه أولا ثم بعدها يعمل كآلة حش حية . بينما فقس ( يرقات ) جميع الأنواع السمكية يعتبر أكل 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 اعتمادا على الغذاء الحى عن يرقات أسماك الماء العذب .

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

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

١ - أكلات بلانكتون Planktivores حيوانى ( Zooplanktivorous ) أو نباتى

( Phytoplanktivorus ) .

٢ - أكلات أعشاب Herbivores .

٣ - أكلات لحوم ارضية Benthic Carnivores .

٤ - أكلات حشرات وقواقع وديدان Insectivores

٥ - أكلات 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 ، وتتقر اللافقاريات الصغيرة والكبيرة الأرضية Benthic Invertebrates ، أو تأكل الهوائى الحيوانية Zooplankton ، أو تمض وتقطع زعانف الأسماك

الأخرى أو تمض عيونها أو تاكل بيضها وأجنحتها ويرقاتها ، أو تفترس Preying أسماك كاملة أخرى . ومن بين الأسماك المفترسة Predators ( آكلة اللحوم ) نجد أسماك تتغذى على جزئيات صغيرة Microphagy متطورة من تلك التي تتغذى على الجزئيات الكبيرة Macrophagy . وتعرف الأخيرة بوجودها عندما تكون النسبة بين حجم الفريسة وحجم الأسماك المفترسة فى المدى من ١ : ٢ إلى ١ : ٢٠ ، بينما آكلات الجزئيات الصغيرة Particle - Feeding Microphagy تتواجد عندما يكون هذى المدى من ١ : ٢٠ إلى ١ : ٢٠٠ ، والأسماك آكلة الدقائق الصغيرة Filter - Feeding Microphagy فى المدى من ١ : ١٥٠ إلى ١ : ٢٠٠٠ .

فالمفترسات الكبيرة تظهر تخصصات للعيون والفكوك والأسنان والأمعاء تتناسب تحديد موقع وحجم وهضم فريستها ، وهذه المفترسات غالبا لها قدرة على السرعة المفاجئة لمهاجمة الفريسة . والبعض الآخر من الأسماك آكلة اللحوم لها جسم قصير مبسط الجانب بزعانف منمطة لتعظيم القدرة على المنورة Manoeuvrability والقم صغير قابل للامتداد Protrusible ويكون أنبوية يمكنها شطف فريسة صغيرة من مسافة ، ونوع آخر أكثر طولاً وانسيابية وزعانفه متوسطة وفعمه واسع ، وبهذا فهو مجهز للانقضاض السريع الخفيف للإسماك بفريسة أكبر وأكثر حركة ، وهذه النماذج المختلفة تعكس بوضوح الاختلافات الملحوظة على شكلها الظاهري بما يتناسب مع عاداتها الغذائية .

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

وتتم التغذية كتنظام روتينى يومى ( نهارى أو ليلى ) خاصة فى الأيام التى تكون فيها درجة الحرارة معتدلة خاصة فى الربيع ، وقد تكون التغذية مرتبطة بالقاع أو بالغذاء العالق فى عمود الماء أو العائم على الماء . إلا أن الأسماك تصوم وتمتنع عن الأكل بالإرتفاع والانخفاض الشديدين فى درجة الحرارة أو فى موسم التناسل ، سواء قبل أو بعد وضع البيض حسب نوع السمك . فالموسم والحرارة والضوء ومرحلة العمر والحالة الفسيولوجية كلها عوامل تؤثر كذلك على السلوك الغذائى للأسماك .

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

معين من السنة فتصير الأسماك هي الأخرى سامة وقت انتشار هذه المصادر الغذائية من الطحالب ( لتركيز السموم في أجسام الأسماك ) نون باقي فصول السنة ، وقد تحتوى أجسام السمك على مركب ثلاثى ميثيل أمين Trimethylamine لوجوده أصلا في علاقتها ، خاصة في الكائنات الحيوانية الحية الدقيقة البحرية ، أو أن تكون لحمها بطعم الطمى Muddy Flavour لاحتوائها الجيوسمين Geosmin كنتاج ميتابوليزمى ليكتريا استربتوميسيس ، وسوء طعم السمك Off Flavour لدخول المواد الفينولية والزيت والمنظفات عبر الجلد والخياشيم أو مع الطحالب وتخزن في الأجزاء الدهنية من السمك ، أو أن تكون دماؤها سامة للإنسان . فيمتص الجلد والخياشيم بسرعة المواد العضوية الذائبة والتي تكون مسئولة عن ظهور الطعم غير المرغوب . وتؤثر التغذية والعوامل البيئية الأخرى كدرجة حرارة الماء والمواد العضوية الذائبة ونشاط العم 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 تأثيرها أو ذات تأثيرات ضارة ) وأخرى غذائية . والمكونات الغذائية عبارة عن :

١ - الماء .

٢ - المادة 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 لا يستطيع الحيوان تخليقها بنفسه 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 عملية تجريبية وعلى أنواع سمكية محدودة ، مما يجعل المعلومات المتحصل

عليها باستمرار ذات أهمية خاصة وأن هذه الاحتياجات تعتبر متخصصة لأنواع معينة أي مرتبطة بنوع السمك بجانب ظروف المياه المختلفة ، إلا أن النتائج المتحصل عليها لا يمكن تميمها على الإطلاق ( لأنواع والظروف البيئية المتغيرة ) ، وأيضا هناك قصور كبير في هذا الشأن ولا يمكن تغطيته بالمعلومات الغذائية والاحتياجات الغذائية لنوات الدم الحار للتباين الكبير بين الأسماك والحيوانات ذات الدم الحار في 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 . وما يزيد صعوبة تفسير الاحتياجات الغذائية للأسماك هو أن فائض الغذاء يتحلل في الماء ، علاوة على أن عدد الوجبات اللازمة لأفضل نمو كثافة غذائية يختلف باختلاف الأنواع ، فالبعض يكفيه وجبتين يوميا للوصول لحد الشبع بينما البعض الآخر يحتاج للتغذية المستمره أو المنتظمة على مدار أربعة وعشرين ساعة ، بينما المعدلات التي يضعها الباحثون قد وضعت لتلائم عمل الباحثين أكثر من مواستها لاحتياجات السمك ، ف نجد الباحث يحدد نسبة ثابتة من وزن جسم السمك كما يحدد عدد الوجبات . وعلى أي حال فقد أنشئت شبكة نولية لمركز معلومات اللف ، وكذلك بنك معلومات للاحتياجات الغذائية للسمك في أوروبا .

## أولا : الماء Water

يتحصل السمك على الماء كإحدى 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 ما تمتصه الأسماك من الماء العذب خلال الجلد إلى ما يقرب من ثلث وزن الجسم يوميا ( وإن كان هناك أسماك كالشعبان جلودها غير منفذة للماء ) ، ولكن ما يمتص عن طريق الخياشيم أكثر ، كما تمتص الأسماك في الماء المالح كميات مياه تتراوح ما بين ٧ - ٢٥ ٪ من وزن جسمها يوميا منها ٦٠ - ٨٠ ٪ من خلال القناة الهضمية ، وتمتص أسماك الجلدى ٥٠ - ٢٢٠ مل ماء مالح / كجم وزن جسم / يوم في القناة الهضمية .

والماء وسط عمل الإنزيمات ، لذا فهو عنصر ضروري لكل العمليات الحيوية التي تتم في الأسماك ، كما أنه يشكل ٧٠ - ٧٥ ٪ من وزن جسم الأسماك كاملة العظم . والماء الخولى في الأنسجة السمكية يشكل ٧٠ - ٨٠ ٪ من الماء بالجسم ، بينما تحتوى البلازما على ٢ - ٣ ٪ من ماء الجسم .

وكل أغذية السمك أي كان نوعها وتركيبها تحتوى على ماء ينسب مختلفة تتوقف على نوع الغذاء إذا ما كان أخضر أو طازجا ( مرتفع المحتوى الرطوبي ) أو مكعبا أو مصنعا أو جافاً ( منخفض الرطوبة ) ، وعلى أي حال فيتم تشبع أي 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 يؤدي 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 أسماك على تركيز ملح أعلى مما هو فى الماء المحيط مما يؤدي إلى دخول الماء خلال الجلد لتخفيف تركيز الملح عليه لاحتياج أسماك الماء العذب إلى الشرب بل إنها فى حاجة مستمرة لإخراج الماء الداخلى إليها وذلك عن طريق البول الغزير منخفض الكثافة .

## ثانياً : المادة المعدنية ( Ash ) Minerals :

تتباين كثيراً المواد الغذائية المختلفة فى محتواها من العناصر ( المعادن ) المختلفة طبقاً لمصدر هذه الأغذية وأنواعها . ورغم صعوبة تقدير الاحتياجات الغذائية المعدنية للأسماك وذلك لامتناعها عن امتصاص المعادن الذاتية من الماء عن طريق الخياشيم والجلد والأمعاء ، ورغم عدم وضوح الاحتياجات بالضبط ، فإنه يفترض احتياج الأسماك للمعادن المختلفة والتي تتواجد فى أجسامها وتدخل لهدام فى الوظائف البيولوجية ومن بينها : الكالسيوم والفوسفور والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكبريت والكلور والحديد والنتاس والكوبلت واليود والمنجنيز والزنك والموليبدنم والسلينيوم والفلور .

### ١ - الكالسيوم والفوسفور :

ينظم سمك الماء العذب محتوى قشوره وعظامه من الكالسيوم بون ارتباطاً بمحتوى الماء من الكالسيوم ، ولا يتطلب 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 ما يكون على عليقة تحتوى ٠.٣٤ ٪ كالسيوم بنسبة كالسيوم / فوسفور كتنسبة ٢/١ .

ويعبر عن الاحتياجات من الكالسيوم والفوسفور معاً لارتباط ميتابوليزمهما معاً ، وإن كان هناك علاقات بين معدنية أخرى ، وأى عدم أتران 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 ٠.٢ ٪ لا تظهر أعراض نقص على أسماك المبروك أو القراميط . ورغم امتصاص الكالسيوم من الماء بواسطة الخياشيم ، فإن أمتصاص الفوسفور من الماء منخفض جداً ( ٠.٠٠٠١ من معدل امتصاص الكالسيوم من الماء ) ، ونظراً لانخفاض فوسفور الماء ( المالح والعذب ) فإنه ينبغي 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

ما بين ٠,٤ - ٠,٨ ٪ فوسفور في الطليقة . ويتدخل الكالسيوم والفوسفور في الميتابوليزم خاصة المتعلق بنمو العظام وفي حفظ الاتزان الحامضي - القاعدي ، ويتدخل الكالسيوم في عمليات فسيولوجية وبيوكيماوية كانهض العضلات وتجلط الدم والنقل العصبي وفي حفظ التركيب الغشائي . ويشكل الفوسفور أحد المكونات لعديد من الجزيئات العضوية ، ويؤثر الفوسفور في الطليقة ( أكثر من الكالسيوم ) على النمو والعظام وكذلك محتوى دهون جسم أسماك المبروك . ونظرا لعدم وجود معدة مفرزة للحامض في المبروك فإن امتصاص الكالسيوم تراه فوسفات كمصدر للفوسفور لايتعدى ٢ ٪ ( بينما في التراوت ٥١ ٪ ) وامتصاص فوسفور مسحوق السمك ٢٦ ٪ ( وفي التراوت ٦٠ ٪ ) . زيادة فوسفور الطليقة للتراوت عملت على زيادة كل من الفوسفور والكالسيوم والمغنسيوم ، والاستفادة من فوسفور فوسفات ثنائي الصوديوم كانت أفضل من فوسفور مسحوق السمك .

#### وفرة الفوسفور في بعض أغذية الأسماك :

المصدر	٪ فوسفور	٪ وفرة الفوسفور
فوسفات ثلاثي الكالسيوم	٠,٦٥	٣
فوسفات أحادي الكالسيوم	٠,٦٩	٨٠
فيتين	١,٦٥	٨
كازين	٠,٤٧	١٠,٦
مسحوق سمك	٠,٩٩	٢٦
خميرة	٠,٤٦	٩٩
جرمة قمح	٠,٥٨	٥٧
رجيع أرز	٠,٧٩	٢٥

#### ٢ - المعادن الأخرى : سواء ما يضاف منها بكميات كبيرة أو صغيرة ، وتشمل :

- **المغنسيوم** : ضرور لحفظ النمو طبيعي ، وتتوقف الاحتياجات الغذائية منه على التغيرات في تركيبته في الماء . وتبلغ الاحتياجات الغذائية من المغنسيوم لأسماك المبروك ٠,٠٤ - ٠,٠٥ ٪ من الطليقة الجافة ، بينما للتراوت أعطى ٠,١ ٪ مغنسيوم نموا جيدا .

• **كلوريد الصوديوم** : تفقده أسماك المياه العذبة عن طريق البول الغزير منخفض الكثافة ، ويعوض هذا الفقد ( من الأيونات المختلفة التي يمكن امتصاصها من الماء ) عن طريق الأمتصاص النشط لهذا الملح عبر الخياشيم ، بينما أسماك الماء المالح تعاني من زيادته في 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 الطليقة على مخلوط أملاح متزن بنسبة ٤٪ من العيقة أعطى أفضل نمو في المبروك والتراوت ، وإن لم يؤد ملح الطعام بتركيزات حتى ٨,٥ ٪ من طليقة التراوت إلى أي تأثيرات معنوية سواء في استهلاك الطليقة أو تحويلها الغذائي .

• **والعديد** : واضح الأهمية للدم وفي عمليات التنفس لدوره في تركيب الهيموجلوبين وإنزيمات الهيم . وقد اقترح أن تحتوى طليقة المبروك على ٣ جزء / مليون من النحاس لتغطية الاحتياجات الغذائية من هذا العنصر .

• **والكوبلت** : يشجع الميتابوليزم والنمو في المبروك ، فقد وجد أن إضافته في صورة كلوريد أو نترات كوبلت في ماء العوض بمعدل ٠,٠٨ مجم / كجم سمك أنت إلى زيادة نمو أسماك المبروك ( ١٠ - ٢٢ ٪ ) وتكوين الهيموجلوبين .

• **والهيد** : هام كذلك في الطليقة لنمو الأسماك ، واقترح حد أدنى منه في العيقة ٠,٦ مجم / كجم علف .

• **والزنك** : ضروري للنمو الطبيعي ، إذ يتداخل في تخليق الأحماض النووية وتنشيط عديد من الإنزيمات ، واقترح إضافته بمعدل ١٥٠ مجم / كجم علف لزيادة النمو ومنع ظهور أعراض نقصه على الأسماك .

وعصوما يتوقف حد الإضافات المعدنية على محتوى الطليقة من الرماذ ، فمثلا إذا احتوت طليقة 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 الطليقة على الزنك والمنجنيز والنحاس والماغنسيوم والكوبلت والحديد كالتالي :

المعدن	الاحتياجات الغذائية في العليقة
فوسفور	٠,٦ - ٠,٧ ٪
كالسيوم	أقل من ٠,٢٨ ٪
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 في السمك لحد كبير ، فبينما يبلغ تركيز المنجنيز والزنك في العضلات عشرات آلاف أضعاف تركيزاتها في الماء ( اسرعة امتصاصهما ) ، فإن الحديد والنحاس أقل تركيزا في الأسماك عما هو عليه في أعلاف السمك ، إذ أن السمك يخرج بعض العناصر الدقيقة Microelements . كما أن الباريوم والسترانشيوم يحتجزان اختياريًا وتركيزهما في الأسماك أعلى عما هو عليه في غذاء أو بيئته . وتركيز الكوبلت في كثير من الأسماك أعلى من تركيز النيكل ، رغم أن التركيز النسبي لهما في مياه البحر عكس ذلك .

### ثالثا : المركبات الأزوتية Nitrogenous Compounds :

تختلف الأغذية المختلفة للأسماك في محتواها البروتيني ( الأزوتي ) من حيث الكمية والنوعية ، فبينما أكلات اللحوم بأنواعها المختلفة تتحصل على نسبة مرتفعة من البروتين على القيمة الحيوية في غذائها الحيواني الأصل ، تتحصل أكلات الأعشاب أو نباتية التغذية على قيم منخفضة نسبيا في محتوى غذائها من البروتين النباتي غير مرتفع القيمة البيولوجية . ولكون البروتين مكوناً هاماً في الجسم فعليه ينبغي أن يكون أيضا مكوناً هاماً في العليقة ، إذ عليه يتوقف النمو . وهذا يرتبط بكمية ونوعية الأحماض الأمينية المتوفرة في غذاء السمك . كما يتوقف احتياج السمك للبروتين على نوع السمك وتقنيته الطبيعية ودرجة نموه ومرحلة نموه وعمره وعلى درجة حرارة وملوحة المياه ومحتواها من الأوكسجين والمكونات الغذائية الأخرى في العليقة كمصادر الطاقة والفيتامينات والمعادن لتداخلاتها مع البروتين في ميتابوليزمه ، فلكلات 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 الصنادق 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 بروتين العليقة يوفر متطلبات النمو السريع لصغار الأسماك ، بينما الانخفاض النسبى لبروتين الغذاء يؤدي إلى تحويل أفضل للبروتين أو زيادة الاستفادة منه فى الأعمار الأكبر . وتحتوى عضلات الأسماك الجافة على حوالى ٦٥ - ٨٥ ٪ بروتين ، ونظرا لقلّة احتياجات الأسماك للطاقة نسبيا عن الحيوانات نوات 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 يهدمها 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 نوات الدم الحار ، كما أن الأسماك لا تتطلب طاقة لحفظ حرارة أجسامها ثابتة ( لأنها من نوات 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 جسمه فى بناء مخاط الجلد الذى يزيد بناؤه بزيادة الضغوط المختلفة 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 الأختياري فى الماء وطاقة أقل فى التكاثر ، فكفاءة السمك الحرارية تفوق تلك التى للكناكيت 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 لاختلف احتياجات البروتين الغذائى 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 وأوضحت الدراسات ارتفاع الاحتياجات البروتينية لتكافى 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 والذى 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

كثسبة منوية من الطليقة ، أو كئسبة بين بروتين وطاقة الطليقة ، أو بين طاقة البروتين وطاقة الطليقة ( سواء طاقة كلية أو مهضومة أو ميتابوليزمية ) ، أو بالجرام / كجم وزن جسم / يوم ( أى الاحتياجات كئسبة منوية  $\times$  معدل التفضية كئسبة منوية  $\times 0.1$  ) ، أو جم / كجم زيادة فى الوزن الحى ( أى الاحتياجات  $\% \times$  نسبة التحويل الغذائى  $\times 10$  ، علما بأن التحويل الغذائى = الغذاء المستهلك / الزيادة فى الوزن الحى ) ، والأوقع هو أن يعبر عن الاحتياجات البروتينية كئسبة طاقة البروتين المهضوم إلى الطاقة المهضومة فى الطليقة .

وفىما يلى بعض القيم الموصى بها من البروتين الخام (  $\%$  ) فى علائق بعض الأسماك

نوع السمك	$\%$ بروتين الطليقة	ملاحظات
صفار المبروك والترأوت	٦٥ - ٦٠	
أصبيات السالمون	٤٠	بالتفضية المحبوبة ٢ - ٤ $\%$ من وزن الجسم/ يوم على درجة حراره ماء ٨.٢ م°
أصبيات سمك الفرخ	٤٧	على درجة حرارة ماء ١٤.٤ م°
أصبيات ترأوت	٤٠	على درجة حرارة ماء ٢٠.٥ م°
مبروك عادى	٤١ - ٣٦	على درجة حرارة ماء ٢٤.٥ م° على ملوحة ماء ١٠ / .. على ملوحة ماء ٢٠ / .. يغض النظر عن العمر والإنتاج
قراييط	٤٧ - ٤٣	نمو سريع (مرحلة البرقة إلى الأصبعية)
ثعابين	٤٢ - ٣٧	نمو أقل (مرحلة الأصبعية إلى قبل النضج الجنسى)
ننيس	٣٢ - ٢٨	التربية ( أسماك بالفة وأمهات )
موسى	٤٠ - ٣٥	نمو سريع ( برقة - أصبعية )
بلطى أخضر	٣٦ - ٢٥	نمو أقل ( أصبعية - قبل النضج )
بلطى موزامبيقى	٣٢ - ٢٨	التربية ( بالفة - أمهات )
بلطى نيلى	٥٦ - ٥٠	نمو سريع ( برقة - أصبعية )
بلطى أوريا	٥٠ - ٤٥	نمو أقل ( أصبعية فاكتر )
شلية البحر الأحمر	٥٤ - ٤٥	نمو سريع ( برقة - أصبعية )
	٤٨ - ٤٣	نمو أقل ( أصبعية فاكتر )
	٥٠	
	٣٥ - ٣٠	
	٥٧.٤ - ٤٠	
	٣٥ - ٣٠	
	٣٦ - ٣٠	
	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 يؤدي إلى زيادة معدلات النمو وكفاءة الاستفادة الغذائية عن البروتين النباتي فقط .

ورغم أن مسحوق ومركبات السمك كانت تعتبر مصدر البروتين الوحيد في تغذية الأسماك آكلة اللحوم كالتروات ، فقد أمكن خفضها في العليقة بل انعدامها وإحلال مصادر بروتينية أخرى نون الإضرار بالنمو أو الكفاءة الغذائية ، لكن لاغنى في الإنتاج المكثف للسمك عن استخدام مسحوق أو مركبات 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 وتنشافي 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 ينبغى قصر المحتوى البروتيني للعليقة على الحد اللازم للعمليات البنائية في الجسم Anabolism أى النمو، خاصة وأن فقد الطاقة نتيجة تناول الغذاء أو ما يطلق عليه بالفعل الديناميكي النوعي Specific Dynamic Action ( SDA) يزيد بزيادة كمية بروتين الغذاء .

وإضافة الدهون لعلائق الأسماك لها فعل ادخاري للبروتين ، فإحلال الدهن جزئياً ( 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 . وعموماً 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 . وبتزايد بروتين العليقة ( أى زيادة طاقة البروتين كنسبة مئوية من الطاقة الكلية ) يقل احتياج 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 ، وعموماً

فهناك ارتباطات معنوية بين وزن المناسل ووزن الجسم الكلى لإنتاج الأسماك على أى مستوى بروتين غذائى .  
وجودة البروتين أو محتواه من الأحماض الأمينية الأساسية Essential Amino Acids البالغ عددها  
عشرة ( من عشرين حمض أمينى تدخل فى بناء البروتينات ) والتي 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 وياقى الفقاريات . وهذه الأحماض  
الضرورية هى الأرجينين Arginine والهستيدين Histidine والإيزوليوسين Isoleucine والليوسين  
Leucine والليسين Lysine والمثيونين Methionine والفينيل ألانين Phenylalanine والثريونين  
Threonine والتربتوفان Tryptophan والفالين Valine .

وتحدد الاستفادة من الأحماض الأمينية حسب نوع السمك وبمحتوى 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  
( والتي تهدد من النمو ) بإضافات مخلقة Synthetic أو أن يكون الإحلال جزئى أى تظل العليقة محتوية  
على بروتين حيوانى . خاصة وأن الأسماك أكلة 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 لاستفيد 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 مشبهات 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 :

نوع السمك ( ونسبة البروتين في العليقة )			الحمض الأميني الضروري % من العليقة
مبروك (١٣,٢)	ثعبان (٣٧,٧ %)	سالون (٤٠ %)	
١,٦	١,٧	٢,٤	أرجنين
٠,٨	٠,٨	٠,٧	هيسيتدين
٠,٩	١,٥	٠,٩	إيزوليوسين
١,٣	٢,٠	١,٦٠	ليوسين
٢,٢	٢,٠	٢,٠	ليسين
** ١,٢	* ١,٩	* ١,٦	ميثيونين
*** ٢,٥	*** ٢,٢	*** ٢,١	فينيل الانين
١,٥	١,٥	٠,٩	ثريونين
٠,٣	٠,٤	٠,٢	تریتوفان
١,٤	١,٥	١,٣	فالين

\* ميثيونين + سيستين

\*\* في غياب السيستين

\*\*\* في غياب التيروزين

وعلى ذلك تنشأ مشاكل في تعيين المقننات من هذه الأحماض عند تكوين الجزء البروتيني 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 لا تدخل فقط في تكوين البروتينات ، بل لها أدوار عديدة أخرى ، فالتریتوفان مثلا يعمل كمولد للسيروتونين Serotonin وحمض التيكوتيكينك ويعمل على تنظيم ميتابوليزم الكربوهيدرات .

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

الأرجينين ، ويتطلب إضافة التيروزين إلى العلائق منخفضة الفينيل ألانين لتداخلهما معا في التأثير على النمو ، ففي حالة نقصهما من العليقة ينخفض النمو . وهناك شبه اعتقاد في أن بكتريا الأمعاء تخلق الأحماض الأمينية الضرورية جزئيا في بعض أنواع السمك المرباة بطريقة غير مكلفة ، فتغطي 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 أميني معين ويعين المستوى من الحمض الذي يؤدي إلى أفضل زيادة في وزن الجسم والكفاءة الغذائية وتركيز الحمض في العضلات وفي البلازما ، وقد تستخدم الأحماض الأمينية المرقمة إشعاعيا سواء بالتغذية أو بالحقن وتتبع أكسبتها . ويعبر عن الاحتياجات من الأحماض الأمينية بالجرام / ١٠٠ جم بروتين لكل حمض على حدة ، أو بالمليجرام حمض أميني متطب / 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 الأميني المحدد Limiting Amino Acid في الصويا ( ميثيونين ) ، وعند استخدام مخلفات اللواجن والريش يضاف ١,٧٪ ليسين هيدروكلوريد مع ٠,٤٨٪ ميثيونين مع ١٤,٠٪ تريبتوفان .

ويزيد ارتباط الأحماض الأمينية ببروتين جسم السمك بزيادة درجة حرارة الماء حتى حوبها الدرجة وبعدها يقل بسرعة ، كما يقل هذا الارتباط بصيام السمك وبتناقص 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	قراميط	ثعابين	المبروك العادي	سالمونات
أرجينين	٤,٣	٣,٩	٤,٤ - ٣,٨	٦,٠
هستيدين	١,١	٣,٦	٢,١ - ١,٤	١,٨
إيزوليوسين	٢,٣	٤,١	٢,٦ - ٢,٣	٢,٢
ليوسين	٣,٤	٣,١	٤,٨ - ٣,٣	٣,٩
ليسين	٥,١	٤,٨	٦,٠ - ٥,٣	٥,٠
ميثيونين *	٢,٣	٤,٩	٤,٠ - ٣,١	٤,٠
فينيل الانين **	لم تقدر	لم تقدر	٥,٢ - ٤,٩	٥,١
ثريونين	٢,٢	٣,٦	٣,٩ - ٣,٣	٢,٢
تريوتوفان	٠,٥	١,٠	٠,٨ - ٠,٦	٠,٥
فالين	٣,٨	٣,٦	٣,٦ - ٢,٩	٣,٢

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

\*\* فينيل الانين + تيروسين ( ٢ / هذه الاحتياجات على الأقل من الفينيل الانين ) .

هذا وتختلف معاملات هضم الأحماض الأمينية باختلاف مصادرها كالتالي :

مادة العلف	مسحوق سمك	مسحوق نواجن 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 مصادرها .

#### رابعاً : الدهون : Fats :

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

تستهلك الأسماك من العليقة حتى تغطي احتياجاتها الحرارية فلا تستفيد من بروتين العليقة لفة المستهلك منها ، ومن التأثيرات السلبية كذلك زيادة طاقة العليقة هو زيادة كمية دهن الجسم وهو أمر غير مرغوب يؤدي إلى إنتاج أسماك منخفضة التصالي .

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

وفيما يلي الطاقة الميتابوليزمية لبعض الأعلاف ( بالميجا جول / كجم ) المستخدمة للمبروك :

الطاقة الميتابوليزمية	مادة العلف
١٤,٥	أذرة
١٣,٠	قمح
٨,٨٦	نواتج طحن قمح
١١,١	كسب فول صويا
١١,١	كسب بذرة قطن
١٤,٦	مسحوق سمك
١٤,٨	مسحوق لحم نواجن
١٢,١	مسحوق ريش
٦,٢٧	فرشة نواجن
٧,٥٢	مسحوق برسيم حجازي
٢٧,٦ - ٢٣,٤	زيت أو دهن

وتستخدم جداول الطاقة لأعلاف النواجن عند حساب احتياجات الأسماك ، وفي ذلك خطأ ناتج من الفرق بين النواجن والأسماك في أن الأولى تنتج حمض اليوريك ( به ٢٥ ٪ من طاقة بروتين العليقة ) بينما السمك ينتج أمونيا ( معبومة الطاقة تقريبا ) ، علاوة على أن تخليق وإخراج حمض اليوريك يتطلب طاقة ، وإخراج السمك للأمونيا في الماء عن طريق الخياشيم لا يتطلب طاقة .

وتتطلب الأسماك الدهون Lipids كمصدر للطاقة وللمنمو واحفظ تركيب ووظيفة الأغشية الخلوية ( والمسئول عن ذلك محتوى الدهون من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع ) ، ومعروف منذ القدم أن الدهون تلعب دورا كبيرا في كيمياء الحيوانات المائية وعلى الأخص البحرية منها ، وذلك راجع لتمييز الزيوت البحرية ( عن الدهون للحيوانات الأرضية ) بغناها بالفيتامينات الذائبة في الدهون والأحماض الدهنية غير المشبعة العالية ، ولأن عديد من الحيوانات البحرية تحتوي كميات كبيرة من الزيوت سهلة الاستخلاص كزيت كبد الحوت . مما يستلزم ضرورة توفير الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع طويلة السلسلة في غذاء هذه الأسماك . ووجود كميات كبيرة من الزيت في الأسماك يعني أن الدهون ( أكثر من الكريوهيدرات ) هي

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 الهوام الحيوانية التي يخزن فيها الدهن في صورة استرات شمع أساما (  $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$  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 تحليلها 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 لا توجد استرات الشمع بأى تركيز ملموس في بيئة المياه العذبة وبالتالي فلا تستهلكها أسماك الماء العذب بل تستهلك الجليسيريدات الثلاثية كمكون أساسي لدهنها . ويؤثر مستوى دهن العليقة على تركيب جسم السمك ، فزيادة دهن العليقة تزيد من دهن الجسم وتخفف من محتواه البروتيني والمعدني ، وزيادة تخزين الدهون في السمك تؤدي إلى مشاكل في التخزين ( للاكسدة الذاتية للدهون ) والتسويق ( طعم سمكي ) وصحة الإنسان ( كثير من الكيماويات السامة تنوَّب 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 زخفا 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 معدن برويتيني نوصبغة يحتوى 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 المطلوبة من الأحماض الدهنية الأساسية وعلى أن تكون الدهون مهضومة أى 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 بنور 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 ) والتي تتطلبها الأسماك بنسبة ١٪ من كل من حمض اللينولينيك وحمض اللينوليك Linolic Acid ، فهذا الخليط أفضل في تأثيره على نمو الأسماك عن إضافة أى من الحمضين كل على حدة ( والذان لا تخلفهما الأسماك ) . وزيادة مستوى دهن العليقة يزيد الاحتياج من الأحماض الدهنية الضرورية . واحتياجات أسماك البلطي الأخضر من اللينوليك ( أكثر من اللينولينيك ) تبلغ حوالى ١٪ من العليقة ، وللمبروك ١٪ لينولينيك و ١٪ لينوليك . وقد يعبر عن الاحتياجات من الأحماض الدهنية الضرورية كنسبة من دهن العليقة كأن يقال : إن التروتا 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 في العليقة لاجب الانخفاض عنه .

### خامسا : الكربوهيدرات Carbohydrates :

تلعب الكربوهيدرات دورا أقل أهمية في الأسماك عن في 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 تستمد من أكسدة الدهون أو الجلوكوز الناتج من الأحماض الأمينية ، إلا أن إضافة نسبة من الكربوهيدرات في عليقة السمك يوفر من استخدام بروتينها كمصدر للطاقة ( غالى الثمن ) ، كما يمكن إحلال مستويات أعلى نسبيا من الكربوهيدرات محل الدهون جزئيا في علائق السمك بون خفض معدلات النمو أو الكفاءة التحويلية . والسمك عموما أقل قدرة عن الثدييات في تمثيله للجلوكوز وذلك لنقص نشاط إنزيمات الهكسوكيناز ، وإن كانت الأسماك في استفادتها من الطاقة تتشابه مع ما يحدث في الثدييات المريضة بمرض السكر Diabetic Mammals ومن هنا تقي أهمية البروتينات في أكسدة أحماضها الأمينية وتدخل في تخليق الدهون التي تخزن بالكبد وإنتاج الطاقة في الأسماك .

ورغم إنخفاض الطاقة المتولدة عن حرق الكربوهيدرات بالنسبة لطاقة الدهون والبروتينات ، إلا أن الكربوهيدرات تعتبر أرخص مصادر الطاقة في العليقة . ومصادر الكربوهيدرات أساسا الحبوب ومخلفاتها . ولا يوجد مستوى فعلى موهى به من الكربوهيدرات في علائق الأسماك ( لأنها يمكن تخليقها من مصادر الدهون والبروتين الذاتية ) 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 أكلة 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 تؤدي العلائق الفنية بالكربوهيدرات إلى نسبة عالية من النفوق بين أسماك المبروك عند تقديمها للسماك 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 لاحتتمل التغذية المرتفعة الكربوهيدرات ، وإن أمكن أقلعتها تدريجيا ومدى معين على الاستفادة من كربوهيدرات العليقة . فأسماك السالمون لاينبغي زيادة كربوهيدرات عليقتها عن ١٢٪ وإلا زادت نسبة النفوق ، ويزيد مستوى جلوكوز دمانها أى تتفاعل كمرض السكر Diabetics . وأسماك التراوت يمكن زيادة كربوهيدرات علائقها إلى ١٥ - ٢٠٪ بون تأثيرات ضارة على النمو والحيوية وإن أدى هذا المستوى من الجلوكوز إلى زيادة دهن الأحشاء وجليكوجين الكبد ، إذ أنه على درجة الحرارة المنخفضة تقل الاستفادة من الكربوهيدرات مؤدية إلى زيادة تخزين الجليكوجين فى الكبد ودليل الكبد الجسمى ( وإن كانت زيادة جليكوجين الكبد ودليل الكبد الجسمى Hepato - Somatic Index ( وزن الكبد / وزن الجسم  $\times 100$  ) 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 ٢٨٪ ، فالكربوهيدرات الأكثر هضما هى السكريات الأحادية يليها السكريات الثنائية فعديدات السكر البسيطة ثم الدكسترين والنشا . ويهضم المبروك فى المتوسط ٨٥٪ من النشا ( إذا كان فى حدود ١٩ - ٤٨٪ من العليقة ) . ويرتبط نشاط السليلوز بميكروفلورا القناة الهضمية حتى مع حبس السمك فى أحواض وتغذيته على المحبيات . 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 جليكوجين أكبادها بسرعة كما لا يختلف تركيز جلوكوز دمانها حتى بعد صيام فترة 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 الجلوكوز كمصدر للطاقة فى الأسماك .

ونظرا لارتفاع أسعار مسحوق السمك كأهم مصدر بروتين حيوانى فى علائق الأسماك ، فإنه غالبا ما يضطر إلى إحلال البروتينات النباتية جزئيا محل مسحوق السمك ، وإذا 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 المكلفة . 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 نقيه ( الفاسليلوز ) كان قليل القيمة الغذائية فى علائق القراميط ( أو المبروك

العادي أو التراوت التي أضيف إلى علائقها حتى ٢٠٪ منه فكان عيم الهضم ، بل خفض من نمو التراوت مقارنة بالعلائق غير المضاف إليها ألياف ) ، والمبروك العادي له درجة عالية في هضم ألياف الطليقة تتراوح ما بين ٢٥ - ٨٩٪ حسب نوع مادة العلف ودرجة ملحنها ، فكلما زاد الطحن نعومة زاد معامل هضم الألياف، وإن كانت نتائج الأبحاث متباينة طبقاً لنوع السمك ومصدر الألياف ذاتها ومستواها ومستوى البروتين ومصادر الطاقة الأخرى في الطليقة ومدى تخفيف الطليقة ككل واستهلاكها وتقريغ المعدة والاستفادة من المغنثيات بجانب فترة الأكل على هذه التغذية .

## سادساً : الفيتامينات Vitamins :

عوامل نمو أساسية لعدم إمكانية تخليقها أو تخليقها بمعدل غير كاف لاحتياجات السمك ، وهي مركبات عضوية تتطلبها الأسماك بكميات صغيرة للنمو الطبيعي واكتمال الصحة وسلامة التناسل والميتابوليزم ، والفيتامينات جزء من الأنظمة المساعدة الإنزيمية Coenzyme Systems في العمليات البيوكيماوية Biochemical Pathways في الأسماك كما في الحيوانات الأخرى . وتحصل الأسماك على الفيتامينات في غذائها وتخزن بعضها في الكبد ، ولا تعتمد على تخليقها لهذه الفيتامينات لعدم ثبات تركيب فلورا الأمعاء ( التي تخلق بعض الفيتامينات ) في أي فحص يجري على السمك . وعموماً فكل فيتامين يحتاجه الإنسان يعتبر كذلك ضرورياً للأسماك . وتتأثر الاحتياجات الفيتامينية بحجم الأسماك وعمرها ومعدل نموها والضغط البيئي وظروف المياه والعليقة . والفيتامينات مجموعتان ، إحداهما ذائبة في الدهون والأخرى ذائبة في الماء .

### ١ - الفيتامينات الذائبة في الدهون Fat- Soluble Vitamins :

وتشتمل على أربعة فيتامينات ( أ ، د ، هـ ، ك ) . وهي ضرورية لحفظ التركيب الطبيعي ووظائف العين والخياشيم وسلامة التراكيب الهيكلية والطلائية المتطورة . وتختلف الأنواع السمكية من حيث قدرتها على الاستفادة من مولدات ( أحجار البناء الأولية ) الفيتامينات ، فهناك العديد من الأنواع ( غير السلمونات ) يمكنها تحويل فيتامين أ<sub>١</sub> ( A<sub>1</sub> ) إلى أ<sub>٢</sub> ( A<sub>2</sub> ) والعكس بالعكس ، كما تخلفهما من الكاروتينويدات Carotenoids في العليقة ، كما تستفيد الأسماك من الكاروتينويدات المؤكسدة كالأسناكسانثين Astaxanthine الذي تحصل عليه الأسماك بكميات كبيرة عند تغذيتها على القشريات .

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

١ - لا تغير من الصبغة بل تخزنها فقط .

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

٣ - أو تكوين استا كزانثين لكن ليس من البيتاكاروتين ، إذ يمكن تكوينه من اللوتين Lutein والزيا كزانثين Zeaxanthin .

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

ولا يخضع فيتامين (د) في السمك إلى التخليق عند التعرض للشمس كما في الثدييات ، فهناك أسماك لا تتعرض باتاتا أو قد تتعرض نادرا للشمس ورغم ذلك يخزن فيتامين (د) ( فريما لدى هذه الأنواع القدرة على تخليقة ) وعلى العكس من ذلك فسمك الذهب المعرض بشدة لضوء الشمس يحتوى قليل أو قد لا يحتوى على هذا الفيتامين . ووجود فيتامين (D) في السمك لا يرتبط بتكوين العظام ، إذ أن عديد من أنواع السمك عديمة الهيكل العظمى وتخزن فيتامين (د) لهد ما ، وإن كان فيتامين (D<sub>3</sub>) ( كوليكالسيفيرول ) ضرورى للنمو الطبيعي لهيكل أنواع أخرى من الأسماك ، علاوة على أن (D<sub>3</sub>) حجر بناء ( مود Precursor ) لهرمون ١ - ٢٥ - دى هيدروكسى ٣ الذى يتدخل في امتصاص الكالسيوم والفسفور . ولم تثبت بعد الاحتياجات من فيتامين (د) للمبروك .

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

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

## ب - الفيتامينات الذائبة في الماء Water -Soluble Vitamins :

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

فمجموعة فيتامين (ب) المركب B - Complex-group أو الضميرة تؤدي إلى زيادة حيوية المبروك الهندي وزيادة نموه معنويا . وفيتامينات - ب - المركبة تشكل مركبات أساسية لمختلف المساعدات الإنزيمية Coenzymes وعادة تتفاعل فيما بينها تعاونيا Synergistically وهي مسئولة عن حفظ وظائف النمو .

واحتياجات أسماك المبروك من فيتامينات (ب) أقل من احتياجات السالون . الثيامين Thiamine ( ب ١ ) - ( B<sub>1</sub> ) هام لأكلات العشب لأن احتياجه مرتبط باستهلاك الكربوهيدرات ، فتظهر أعراض نقصه في المبروك بارتفاع محتوى العليقة من الكربوهيدرات أو مضادات الثيامين ، وإن ذكر آخرون أن احتياجات المبروك من الثيامين منخفضة علاوة على مقاومة المبروك لمضادات الثيامين . والثيامين تأثير على نمو السمك ونشاط إنزيم Erythrocyte Transketolase في أسماك التريوت . والريبوفلافين ومشتقاته حيوية لكل الحيوانات بما فيها الأسماك لأنها تعمل كمستقبلات لأيون الهيدروجين في كثير من الأنظمة الإنزيمية في سلسلة نقل الإلكترون . ونقص الريبوفلافين ( ب ٢ ) ( Riboflavin ( B<sub>2</sub> ) في العليقة يصاحبه نقص الفيتامين في لحوم الأسماك . وترتبط احتياجات البيريدوكسين ( ب ٦ - B<sub>6</sub> ) Pyridoxine ببروتين العليقة وعليه فهو هام للأسماك آكلة اللحوم . البيوتين Biotin أو فيتامين (H) جزء أساسي من الأنظمة الإنزيمية المنظمة للتفاعلات التي يدخلها مجاميع الكربوكسيل الحيوية Vital Carboxylation ومنها بيروفات كربوكسيلاز ( الذي يدخل في تخليق الجلوكوز من غير المصادر الكربوهيدراتية ) واسيتيل مساعد انزيم (أ) كربوكسيلاز Acetyl CoA Carboxylase الهام في تحلل الدهون ، وعليه فيلعب البيوتين دورا أساسيا في ميتابوليزم الكربوهيدرات والدهون وفي تخليق مختلف البروتينات . وللأسماك احتياجات من البيوتين ( وإلا ظهرت أعراض نقصه ) تضاف عادة في الإنتاج المكثف من الأسماك المختلفة . والفولات أو حمض الفوليك Folic Acid لم تثبت أهميته لأسماك المبروك رغم إضافته إلى علائق الأسماك . والايونوسيتول Inositol ( أو الانسيتال Insital أو الميوايونسيتول Myoinositol ) مركب بنائي للأنسجة الحية . أن الميزوايونسيت هام في ميتابوليزم الكربوهيدرات ، وينتمي إلى مجموعة فيتامينات (ب) ، وله خواص محبة للدهون كذلك مما يجعل له دورا في ميتابوليزم الدهون ، كما له دور في حفظ وظائف القناة الهضمية ، كما يمنع مرض الكبد الدهني Fatty Liver وتراكم الكوليسترول في الكبد ، ويحسن التحويل الغذائي ، ويمنع أعراض الأنيميا ، إذ يزيد هيموجلوبين الدم والنسبة الحجمية لجسيمات الدم Haematocrit وعدد كرات الدم الحمراء ، ويزيد انتعاش السمك ونموه ، ولايخفض الميزوايونسيت فقط من دهن الكبد ، بل خفض كذلك من الرقم اليودي له بمعنى خفضه للأحماض الدهنية غير المشبعة ذات الروابط الزوجية ، وهذا كله يعكس التأثير الموجب للميزوايونسيت على الصحة ، وفي حالة الظروف المضطربة فإنه يقلل من تأثيرها على ميتابوليزم الكبد ، كما في حالة مرض تلف الكبد الدهني الذي تشفى منه الأسماك بإضافة هذا الفيتامين . أما النياسين Niacin أو حمض النيكوتينيك Nicotinic Acid فيلعب دورا هاما كمكون أساسي في مساعدات الإنزيم NAD و NADP الناقلة للهيدروجين والتي تدخل في عدد من تفاعلات الأكسدة والاختزال . ولما كان التريتوفان ليس حجر بناء كفه للنياسين في عديد من أنواع السمك ( لذا يجب توفيره في العليقة ) وذلك لانخفاض نسبة إنزيم حمض ٣- هيدروكسي أنثرانيليك أو كسيچيناز إلى إنزيم حمض بيكولينيك كربوكسيلاز في الكبد ( ارتفاع هذه النسبة يدل على كفاءة تحويل الحمض الأميني تريوتوفان إلى فيتامين النياسين ) . وفيتامين ب١٢ ( B<sub>12</sub> ) أو السيانوكوبال أمين Cyanocobalamine فهو ضروري للنمو وتكوين الدم والأنسجة العصبية ، ولايشترط إضافته في علائق بعض الأسماك للمياه الدافئة

كالقزموط والبطلخى النبلى 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 جلونولونلاكتون أو كسيداز L-Gulonolactone Oxidase  
اللازم للتخليق العيوى للاسكوربات Ascorbate من الجلوكوز وغيره . وإن كانت لبعض الأسماك (كالقرايط)  
قدرة على تخليق بعض من فيتامين ج) أو مركبات لها قدرة تخليق الكولاچين ، 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 الكولاچين ( بروتين مكون أساسى  
للأنسجة الضامة ) فى العظام والغضاريف والجلد ، وكذا الهيدركسلة فى تخليق الكارنيتين Carnitine ،  
وهيدركسلة العقاقير والسموم كسبببات 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 وكيمياويا من عوامل الأكسدة مع إضافة إلى العلائق بكميات كافية  
( وإن كان هناك تعارض فى ضرورة إضافته إلى علائق المبروك على أساس مقدرته على تخليق حمض  
الاسكوربيك من الجلوكوز والجلوكورونولاكتون ، إلا أن المبروك الهنذى يتطلب إضافات من الفيتامين بمقدار  
٦٥٠ - ٧٥٠ مجم / كجم عليقة وإلا ظهرت أعراض نقصه ) . ويحمى الفيتامين لأعلاف الأسماك بتخليفه  
بالشموع والدهون ، أو بأسترته ، ويعد كبريتات أسكوربيك L-Ascorbyl - 2 - Sulfate أكثر المشتقات  
ثباتا وإن كان نشاطه يعادل نشاط الفيتامين فى صفار التراوت قوس قرزح ، إلا أنه ١/٤ نشاط الفيتامين  
بالنسبة لنمو القرايط . وأحدث مشتق للفيتامين هو إسترايوسفات أو فوسفات أسكوربيك  
L-Ascorbyl - 2 - Monophosphate ، وثبت نجاح فعله مع القرايط لكن يحد ارتفاع سعره من  
استخدامه اقتصاديا فى أعلاف الأسماك رغم ثباته .

والمركب الأكثر ثباتا عن حمض الأسكوربيك سواء للحرارة أو للرطوبة هو استر مشتق عديد الفوسفات أسكوربييل 2- Polyphosphate -L-Ascorbyl الذى يناسب تكميب الطف وضغطه وندفه Flaked Feed ، وتتوقف الاستفادة منه على وفرة إنزيم الفوسفاتاز ليحرر الفوسفات الحامية 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 - نيوكليوتيدات - مجاميع تحمل السلفهيدريل ، فله تأثير موثر Spring Effect لمختلف فيتامينات مجموعة (ب) والفيتامين (هـ) ، كما يتدخل فى تخليق الستيرويدات ويساعد فى منع أكسدة الأرينالينات ومختلف النيوكليوتيدات ونواتج الميتابوليزم الأخرى . فكفاية الفيتامين مطلوبة لحيوية ونمو السمك وكفاءة تحويله الغذائى ومنع التسمم وضرورى للخصوبة والقسى ومقاومة الأمراض وتكوين الغضاريف والعظام وميتابوليزم المعادن وإصلاح وتخليق أغشية الأنسجة والتئام الجروح . فلارتفاع 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 للقرايط ٢٠ - ٦٠ مجم / كجم علف حسب النمو الطبيعى ( ٢٠ ) أو لشفاء الجروح ( ٦٠ ) ، ويقل الاحتياج للفيتامين بزيادة عمر السمك ويجب إضافته بكم أكبر من احتياجاته الدنيا فى الإنتاج المكثف وأمراض التعذية والتلوث والأمراض والتلف الذى قد يطرأ عليه بتصنيع وتخزين الطف . وفيما يلى بعض التوصيات بالاحتياجات الفيتامينية المختلفة للأسماك :

لقد وضع مجلس البحوث القومي 1981 & 1977 , NRC اقتراحاً  
 بالاحتياجات الفيتامينية اللازمة لنمو الأسماك على النحو التالي ( وحدة نولية أو  
 مجم / كجم عليقة ) :

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

كما وضعت شركة La Roche, 1976 السويسرية توصيات بمستويات الفيتامينات المطلوبة للأسماك ثم طورتها لعام ١٩٩٢ على النحو التالي ( بالوحدة الدوائية أو مجم / كجم جاف ) طبقا لتوصيات عامي ١٩٧٦ ، ١٩٩٢ :

ثعبان		سالمونات		المبروك ومائلقة		الفيتامين
١٩٩٢***	١٩٧٦**	١٩٩٢***	١٩٧٦	١٩٩٢***	١٩٧٦*	
٢٠٠٠-١٥٠٠٠	١٢٠٠٠	١٠٠٠-٦٠٠٠	١٥٠٠٠	١٢٠٠٠-٨٠٠٠	٨٠٠٠	فيتامين (١) وحدة دوائية
٢٠٠٠-١٥٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠-١٨٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠-١٥٠٠	١٨٠٠	فيتامين د وحدة دوائية
١٥٠-١٠٠	١٦٠	٢٠٠-١٥٠	٨٠	٢٠٠-١٠٠	٤٠	فيتامين صوحنة دوائية
٦-٢	٤	٦-٢	٨	٦-٢	٢	فيتامين ك٢ مجم
٢٥-١٥	٢٠	٢٠-١٠	١٥	٢٠-١٠	٦	فيتامين ب١ مجم
٦٠-٥٠	٦٠	٢٠-٢٠	٢٠	٢٠-١٥	٢٥	فيتامين ب٢ مجم
١٢٠-٨٠	٨٠	٢٠٠-١٥٠	١٨٠	١٢٠-٨٠	٧٠	حمض نيوكوتريك مجم
٥٥-٥٠	٦٠	٥٥-٥٠	٥٠	٤٥-٤٠	٦٠	حمض بانتوثريك مجم
١٥-١٠	٢٠	١٥-١٠	١٥	١٢-٨	٦	فيتامين ب٦ مجم
٠,٢-٠,١	٠,١٥	٠,٠٥-٠,٠٢	٠,٠٥	٠,٠٥-٠,٠٢	٠,٠١	فيتامين ب١٢ مجم
٦-٤	٥	٦-٤	٥	٤-٢	١	حمض فوليك مجم
٠,٥-٠,٢	٠,٨	١,٠-٠,٨	٢,٥	١,٠-٠,٥	٠,٢	بيوتين
١٢٠٠-٨٠٠	٨٠٠	١٠٠٠-٦٠٠	١٨٠٠	١٠٠٠-٦٠٠	٨٠٠	كولين
٢٠٠-١٠٠	١٥٠	٤٠٠-٢٠٠	١٠٠٠	٢٠٠-١٠٠	١٥٠	إينوسيتول
٨٠٠-٦٠٠	٢٠٠	٨٠٠-٦٠٠	٥٠٠	٥٠٠-٢٠٠	١٥٠	فيتامين ج

\* تزداد المقررات بمعدل ٥٠ ٪ في حالة الزريعة وأسماك الأبناء قبل وبعد التناسل .

\*\* للصفار أقل من ٤ جم تزداد المقررات هذه ( فيما عدا للفيتاميني أ ، د ) ٢ أضعاف وللأصبغيات ( ٤ - ١٠ جم ) تزداد مرتين فقط .

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

الكمية المكافئة من ملح الفيتامين	الفيتامين النشط
١ جم الفا - توكوفيرول خلات	١ جم فيتامين (هـ)
٣,٠٣ جم ميناديون صوديوم بيكبريتيت معقد	١ جم فيتامين (ك٣)
٢,٢ جم ميناديون دي ميثيل بيريميدي ينول بيكبريتيت	
٢ جم ميناديون صوديوم بيكبريتيت	
١,٠٨٨ جم ثيامين أحادي نترات	١ جم فيتامين (ب١)
١,١٢١ جم ثيامين هيدروكلوريد	
١,٢١٥ جم بيريدوكسين هيدروكلوريد	١ جم فيتامين (ب٦)
١,٠٨٧ جم كالسيوم (د ل) بانتوثينات	١ جم حمض بانتوثينيك (د)
١ جم (د) بيوتين	١ جم بيوتين
١,١٥ جم كولين كلوريد	١ جم كولين

وموجود بالأسواق المحلية حالياً مخاليط فيتامينية ومعينية تستخدم كإضافات لأعلاف الأسماك المختلفة بمعدلات حسب نوع السمك وعمره طبقاً لتوصيات الشركات المنتجة للمخاليط .

### مصادر الغذاء Feed Resources :

تتغذى الأسماك البرية في بيئاتها الطبيعية على الأغذية الطبيعية المحيطة بها في مواطن معيشتها أو هجرتها ، بينما بالاستزراع السمكى قد لا تكفى 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 في المغذيات المعدنية الأساسية كالسيوم والفوسفور والنيتروجين ، وعليه فإنتاج المادة العضوية فقير كذلك ، والماء رائق وأزرق لو كان عميقاً ، ويزداد محتوى الماء من الأكسجين الذائب في عمقه .

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

مادتها العضوية للأوكسجين ويتراكم كبريتيد الهيدروجين .

٣ - سينة التغذية Dystrophic ، ماؤها غني بالمادة العضوية Humic Matter التي تنتشر في شكل غروي هلامي ، والماء حمضى ، ولونه أصفر إلى بنى ، والوسط غير جيد الإنتاجية ، والنموات النباتية المائية بسيطة .

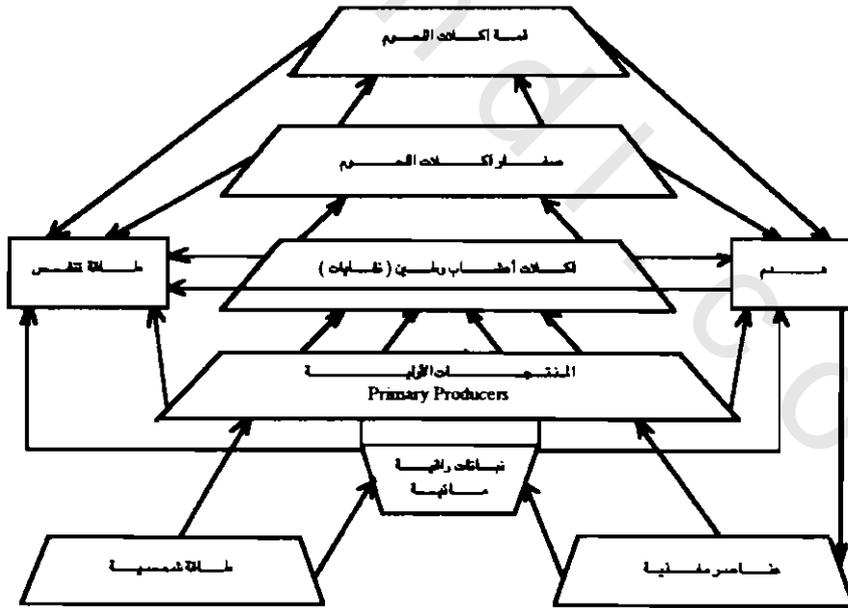
وطبقا لمصدر المواد الغذائية تنقسم الأجسام المائية إلى :

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

٢ - أجسام تغذيتها خارجية Heterotrophic ، أى يأتيتها الغذاء من خارج العوض 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 مليمترات والتي تتغذى بدورها على كائنات أدق حجما تنتمى إلى أصل نباتى هى الهوائم النباتية Phytoplankton ، أى أن هناك سلسلة غذائية متصلة الحلقات يوضحها التصور التالى :

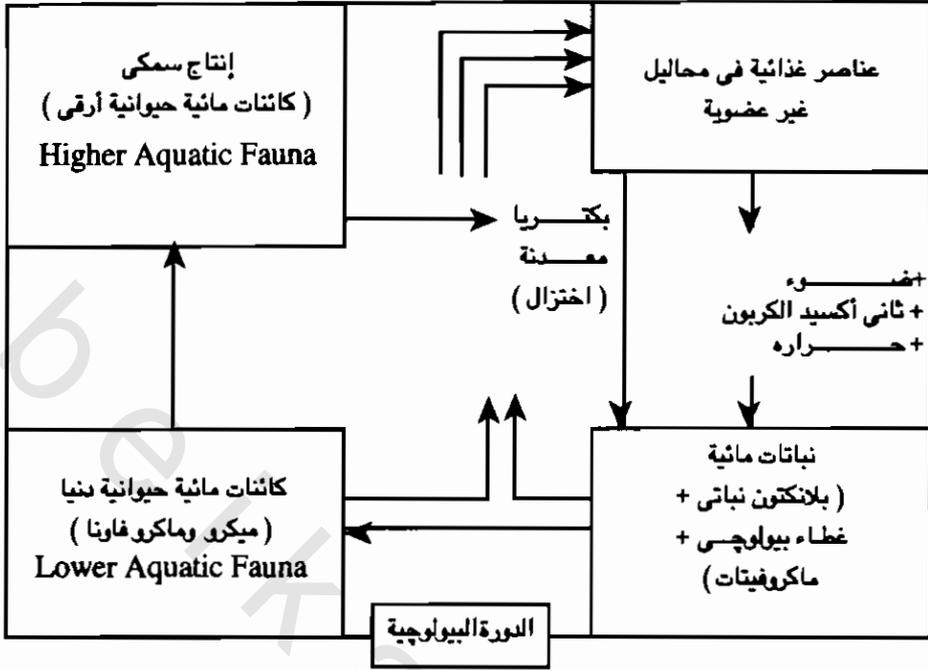


تخطيط يصور السلسلة الغذائية فى البيئة المائية

**الدورة البيولوجية العامة في الماء** تشمل المغذيات المعدنية والإنتاج النباتي والإنتاج الوسطى الحيوانى والإنتاج النهائى من الأسماك ، وكلها تتحلل بكتيريا إلى معادن لتستمر الدورة . فنتيجتها النهائية هي السمك واصل الدورة هو المغذيات المعدنية في مخاليطها في الماء ومصدرها المواد الذائبة في الأرضية الملامسة للماء أو من المواد المحمولة إلى الماء بواسطة ماء المطر والنفائيات . وبواسطة ضوء وحرارة الشمس تتمكن الكائنات النباتية من تحويل هذه المواد غير العضوية حمض الكربونيك في الماء إلى مادة عضوية في شكل أنسجة خضراء ( نباتات راقية ونباتات كالتحالب الهائمة والغطاء البيولوجى ) . والغطاء البيولوجى أو مايسمى Periphyton يتكون من كائنات حية ميكروسكوبية ( مجهرية ) Plankton نباتية وحيوانية تعيش على الأحجار والنباتات الراقية والطين . والعوالق Plankton تعيش كمعلقات في جسم الماء دون مقدرة على مقاومة التيارات . والدورة البيولوجية تشتمل على المنتجات Producers وهي نباتية دنيا ، وتحالب 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 البكتيريا . ويقدر الغذاء الطبيعي بتقدير الكتلة البيولوجية ، أى كتلة الكائنات الحية في وحدة المساحات أو حجم الماء ، ويعبر عنها كمادة ملازمة أو جافة أو كربون أو نيتروجين والأفضل في صورة طاقة ، والأدق بطريقة غير مباشرة عن طريق حساب كمية المحصول السمكى المتحصل عليه من الغذاء الطبيعي المستهلك .

فبجانب النباتات المائية توجد الطحالب التي تزدهر في المياه الضحلة أو السطحية غالبا ( حتى ٤٥ متر غالبا ونادرا تحت عمق ٩٠ مترا ) والتي يكون معظمها مثبتة على الأجسام المغمورة في الماء ( كالطحالب الزرقاء المخضرة ( Blue - green - algae المثبتة للأزوت والتي قد يطلق عليها لابلاب 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 الهوام النباتية التي تكون الغذاء الرئيسى لكثير من الأسماك ولذا تسمى بالمنتجات الأساسية ( الأولية ) Primary Producers ، فتتغذى عليها الهوام الحيوانية ، التي تتغذى عليهما اللافقاريات القاعية ( Benthos ) Invertebrates ، 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 هراما غذائيا قاعدته تشكل الهوام النباتية ( ١٠٠٠ كجم مثلا ) يليها الهوام الحيوانية واللافقاريات القاعية ( ١٠٠ كجم ناتجة من ١٠٠٠ كجم هوام نباتية ) يعلوها الأسماك غير المفترسة ( ١٠ كجم ناتجة من ١٠٠ كجم هوام حيوانية وحيوانات لافقارية قاعية ) ثم الأسماك المفترسة ( ١ كجم ناتجة من ١٠ كجم أسماك غير مفترسة ) وعلى قمة الهرم الغذائى يستقر الإنسان .



## الهوام النباتية :

أو البلاكتون النباتي ( الطحالب ) أو الإنتاج الأولى ( الأساسى ) عبارة عن نباتات وحيدة (أو عديدة) الخلية ميكروسكوبية ( لاترى بالعين المجردة ) تطفو بحرية وتنمو بسرعة وتتطلب نفس العناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات ، فهي حجر الأساس فى سلسلة الحياة المائية لقررتها 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 ماينمو فى الماء العذب ومنها ماينمو فى الماء المالح وهى حوالى ٢٢ ألف نوع ، وتنقسم حسب نوع صبغاتها وتراكيبها إلى :

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

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

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

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

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

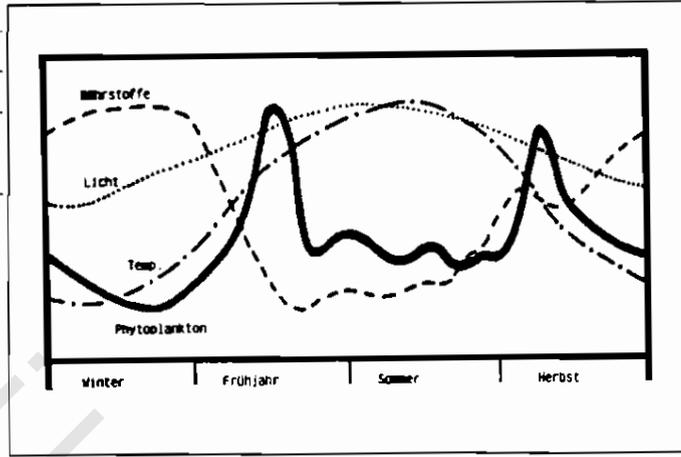
فهى نباتات حقيقية لاحتوائها الكورفيل . وتنتشر الطحالب الذهبية ( كل خلية تحميها غلافة سليكونية ) فى مياه المناطق المعتدلة والباردة ، بينما الطحالب القديرة ( Dinophyceae ) ومنها جنس ( Peridinum ) تنتشر فى المياه الدافئة وتسلك كالحوانات ( لقدرتها على ابتلاع جزئيات غذاء ) إضافة لتصرفها كالنباتات ( بنائها الضوئى ) . الكائنات المجهرية الطافية النباتية نسبة كبيرة منها عبارة عن الطحالب المجهرية الطافية ، وأيضا ينتمى إلى الفيتوبلانكتون ( 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 ينمو 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 والبرقات وبقايا ذلك كله كلها تشكل مصادر الغذاء الطبيعى الرئيسة 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 هائمت 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 وفرة العناصر الغذائية ( نترات ، فوسفات ، سليكات ) فازدهار نمو الهوائم الحيوانية يتوقف على وفرة الهوائم

عناصر غذائية  
ضوء  
تركيز الهوائم  
النباتية  
درجة الحرارة



شتاء ربيع صيف خريف  
توزيع الهوائم النباتية في 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 البلاكتون يتأثر بأنواع الأسماك وبالبيئة بعواملها المختلفة سواء المتعلقة بخصائص المياه أو بالظواهر الأرضية أو الجوية أو المواسم علاوة على التلوث وحركته ، بجانب تأثير الانتخاب والتنوع الوراثي والسلوك والهجرة والحركة ، وأيضا تتوقف على التاريخ الجيولوجي للمحيطات والحوارج القارية ، ومحدودية نورة المياه للأنواع والعشائر وتأثرها بالعوامل الحيوية والبيئية المختلفة Abiotic and Biotic Factors . فقد يؤدي 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 ففي 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 هي براغيث الماء (الداقنيا Daphnia) وسيكولويس التي تتراوح اطوالها ما بين ٠.٥ - ٣.٠ مم ، ولصغر أحجامها وبطء حركتها فهي غذاء رئيسي ليرقات الأسماك . والهوائم الحيوانية تبدأ من الحيوانات وحيدة الخلية (كالبروتوزوا) وتنتهي بالحشرات . وينتمي إليها الكويبيودا Copepoda والروتيفيرا Rotifera والكلادوسيرا Cladocera أي تضم الجوفعمويات والجلرخويات الأولية ويرقات البيكابودا .

## 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 التى تتغذى على الفيتوبلانكتون التى تتغذى على الحشائش المائية ثم التى تتغذى على الزويلانكتون كالمبروك الفضى ومبروك الحشائش والمبروك كبير الرأس ثم المبروك العادى كاكل 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 تنقسم من حيث أحجامها إلى :

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

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

ج - أحياء قاع صغيرة تمر من فتحة منخل ٠ . ٨ م 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 .

ومصببات الأنهار عند التقائها بالبحار تعتبر من أخصب النظم البيئية إنتاجا لأنها مصيدة غذائية نتيجة تدفق المغذيات من الأنهار بجانب كميات من الفتات العضوى ( اللويال ) 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 المصببات فتتخفض تركيز الهوائم ( نباتية وحيوانية ) بشدة فى الأنهار التى عليها سدود .

## العلاقات الغذائية :

قد لا تكون بسيطة ، فقد تتغذى الأسماك فى أطوار نموها المختلفة على أغذية مختلفة ، إذ تبدأ معظم الأسماك حياتها كالكائنات هوائى حيوانية ثم تتحول إلى تغذية محددة فيما بعد ، سواء على الطحالب ( بلطى موزمبيقى ، بلطى نيلى ، بلطى جبالى ، بلطى ماكروشير ، القرموط القشرى ، المبروك القضى ) أو الأعشاب ( مبروك حشائش ، بلطى ميلانو بلورا ) أو فتات المادة العضوية فى تراكبات 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 أو افتراسا .

فلسلسلة 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 .

## التسميد :

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 كالنيوريا ونترات الأمونيوم وكبريتات الأمونيوم والأمونيا السائلة .

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

ج - 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 ومصرف صحى وحضرى Sewage .

ج - أسمدة خضراء ومخلفات حقول وتصنيع زراعى وأسواق .

د - أسمدة عضوية أخرى كمخلفات المجازر والمدابغ والأكساب .

ويعتبر التسميد عملية فعالة ورخيصة لزيادة إنتاج السمك عن طريق تنشيط الدورة البيولوجية وتهىء ظروف صحية فى الماء أفضل من التغذية الصناعية ومايصاحبها من أمراض . ويقوم القاع بامتصاص الأسمدة وتحليلها وإذابتها فى الماء لتصبح 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<sub>3</sub> ) مع CO<sub>2</sub> مكونة بيكربونات كالسيوم فزيادة كثافة النباتات تستنفذ CO<sub>2</sub> من الماء فى التمثيل الضوئى فيعمل وجود بيكربونات الكالسيوم المذابة فى الماء على مواجهة الموقف بإطلاق CO<sub>2</sub> 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 لندرة 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 والموليبدونوم 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 في التربة عن الفوسفور والنيتروجين ، لذا يضاف البوتاسيوم غالباً في حالة نقصه من الماء أو التربة أو في حالة قلة القلوية وفي الأحواض ذات الأراضي السبخة أو التي قاعها صلبة . وقد تمزج الأسمدة البوتاسية مع الفوسفاتية .

**والأسمدة النيتروجينية** مطلوبة رغم وجود النيتروجين في الماء لذويان غاز النيتروجين من الهواء الجوي في الماء وكذلك من تحلل المركبات العضوية في الماء ، إلا أنها تثبت في جسم السمك كبروتين وتطلب استمرار وجود مصادره في الماء . والنيتروجين تثبه بعض البكتريا والنباتات في شكل أمونيا ونيتريت أو نترات تستخدمها النباتات وترتبط لجسامها كأحماض أمينية وبروتينات ، فتأكل الأسماك العشبية التغذية هذه النباتات ، كما تتغذى الأسماك اللحمية (حيوانية التغذية) على الأسماك العشبية ، فيعمل النيتروجين ويخرج منه جزء ، ويتحلل الأجسام الميتة فيخرج النيتروجين منها ثانية كأمونيا ونيتريت ونترات وتستمر دورة النيتروجين كما في الفوسفور وغيره من العناصر . إذ تمتصه الفيتوبلانكتون كنترات أو أمونيوم ويدخل النيتروجين في بناء الكلورفيل النباتي أي أن النيتروجين يشجع النمو الخضري . وقد يضاف الفوسفور مع النيتروجين بنسبة ١ : ٤ وفي حالة قلوية القاع تكون النسبة ١ : ٨ . وتضاف الأسمدة الأزوتية للأحواض الحديثة قليلة الطين بينما القاع الطيني الغني بالغريان فإنه ينتج النيتروجين طبيعياً ولا يحتاج للتسميد وعادة ينصح باستخدام ٢٥ كجم سمور فوسفات مع ٢٥ كجم كبريتات أمونيوم لكل فدان بمعدل مرة كل أسبوعين خلال موسم النمو ، وفي الأجواء الحارة يستخدم ٤٢ كجم سماد (يحتوي ٨٪ من كل من الفوسفور والبوتاسيوم والنيتروجين) لكل فدان مرة كل ٧ - ١٠ أيام مع وقف هذا التسميد عندما يصبح الماء مخضراً أو بنياً ، ويعاد التسميد عندما تصفو المياه .

**أما التسميد العضوي** باستخدام الأسمدة العضوية Organic Manure فيزيد الإنتاجية خاصة لو كانت الأسمدة سائلة ، وتشتمل على الأسمدة الحيوانية من أرواح الماشية والخيول الخنازير والطيور ، وكذلك الأسمدة النباتية ومخلفات المجارى (الصرف الصحي) ومخلفات المحاصيل والحقول والسلخانات ومصانع الأغذية المختلفة . وتعيد الأسمدة العضوية العناصر الغذائية إلى الدورة البيولوجية ثانية ، كما تنتج الأسمدة العضوية عند تحللها CO<sub>2</sub> الذي يساعد على نمو الهوائيم النباتية ، وقد تستخدم المادة العضوية كغذاء مباشر لبعض الأسماك علاوة على نمو البكتيريا والبروتوزوا عليها ، وقد تحتوي الأسمدة العضوية على منشطات نمو كالهرمونات والفيتامينات . وتحسن من تركيب القاع ، وتشجع على نمو البكتريا مما يحسن من إنتاج الهوائيم الحيوانية أسرع من فعل الأسمدة المعدنية . ويحذر من سوء استخدام الأسمدة العضوية لخطرهما على أوكسجين الماء خاصة في الصباح الباكر وفي المياه الدافئة ، وقد تكون بيئة مناسبة لنمو بعض الأمراض كمرض الخياشيم Gill Rot . لذا توزع الأسمدة العضوية على دفعات بسيطة ١ - ٢ مرات في الأسبوع وعلى أماكن متعددة أو ترش بانتظام على سطح الماء . ويستخدم السماد العضوي السائل بمعدل متر مكعب واحد / هكتار ( أي لكل ٢,٤ فدان أو ٤٢,٠ متر مكعب / فدان ) ١ - ٢ مرة كل أسبوع . كما يستخدم زرق الطيور ومخلفات المجازر . وأرواح الحيوانات المختلطة بأوراق الأشجار المتحللة

تستخدم كذلك .

فقد وجد أن كل ١٠ طن روث جاف تتحول إلى ٤ طن وزن حي في 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 الهوائيم الحيوانية التي تستفيد مباشرة من المادة العضوية الذائبة فتحتفظ المياه بأسراب من الكلابوسيرا Cladocera .

وقد تستخدم مياه الصرف الصحي ( المجارى ) بعد تخليصها من السموم وتهويتها وخلطها مع ماء الأحواض السمكية بعد تخفيفها بنسبة ١ : ٢ قبل بلوغها الأحواض . وقد تربي الأوز والبط على أحواض السمك كإنتاج ثانوى ولتسميد الأحواض بمعدل ١٠٠ - ٢٠٠ أوزة أو بطلة / 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 تحرت أو تقلب في تربتها وتغمر بالماء للتحلل . وقد يعمل على تحلل العروش والأتبان وأوراق الأشجار والحيوانات النافقة وقمامة المدن لتحويلها بالتخمير إلى سماد عضوى . كما قد يسمح للحيوانات بالرعى في أرضية الحوض فضيف إليه سمارها البلدى ، أو أن تقام حظائر الحيوانات مجاورة لأحواض الأسماك لتساقط مخلفاتها السائلة والصلبة مباشرة على الحوض ( سواء أرواث أو فضلات طعام ) .

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

**الشروط الواجب مراعاتها عند التسميد اتمام 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 التي تؤدي إلى عدم جودة التحلل وضالة 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 السوير فوسفات ورش الجير الحى ؛ لأن الأخير يبطله إذابة الفوسفات .
- ٧ - تتوقف كمية الأسمدة وأنواعها المستخدمة على تركيب وخواص تربة الجسم المائى ، إذ تضاف الأسمدة لتعويض العناصر الضرورية المحددة والتي تختلف من منطقة لأخرى . فزيادة الأسمدة الفوسفاتية تعمل على تكوين رواسب من فوسفات الحديد والالمونيوم . فزيادة تركيزات العناصر الغذائية غير مرغوب ، ففنى فضلات الصرف الأسمى والزراعى بالفوسفات والنيترات تؤدي إلى تيارات Bloom من العوالق النباتية غير المرغوبة . ولذلك يستخدم الكشف عن الفوسفات كدليل على التلوث العضوى ( لأنها أدق وأسرع وأسهل فى تقديرها عن المغذيات الأخرى ، ولكونها أكثر مقاومة عن غيرها للتحلل العضوى فلا تختفى بسرعة اختفاء المركبات الأزوتية مثلا ) . ويجانب الآثار الصحية والاقتصادية من جراء استخدام الأرواث والأبوال فى تسميد أحواض السمك وتغذية الأسماك ، فهناك جانب دينى أو شرعى فرغم عدم نجاسة أبوال وأزبال مايؤكل لحمها ، فإن الرسول الكريم صلوات الله وتسليماته عليه وعلى آله قد نهى عن أكل لحوم الجلالة أى التى تاكل العذرة حتى يتغير ريحها ، فإن حبست بعيدا عن العذرة زمتا فطاب لحمها ذهب اسم الجلالة عنها وحلت ( والجلالة بفتح الجيم لفظ يطلق على كل حيوان ياكل العذرة أى أى دابة أو داجنة تاكل الروث ) فعن ابن عباس قال : نهى رسول الله صلى الله عليه وآله وسلم عن شرب لبن الجلالة رواه أبو داود وأحمد وابن حبان والحاكم والبيهقى وصححه ابن دقيق العيد ، وعن عمر قال : نهى رسول الله صلى الله عليه وسلم عن أكل الجلالة وألبانها رواه الخمسة إلا النسائى ، بل أيضا نهى رسول الله صلى الله عليه وسلم أن يركب على الإبل الجلالة فى 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 حرم الله وحتى لانهدر صحتنا ، فقد قال المولى عز وجل : ﴿ ظهر الفساد فى البر والبحر بما كسبت أيدي الناس لينيقهم بعض الذى عملوا لعلهم يرجعون ﴾ ( الروم : ٤١ ) .
- ويجب أن ترتبط كميات الأسمدة كذلك بالعوامل البيئية الأخرى كالضوء والحرارة المؤثران على إنتاجية الغذاء الطبيعى . ويبقى التجريب كأفضل وسيلة لتقرير الاحتياجات السمادية لكل موقع .



## والمصادر الغذائية قد تكون :

### ١ - نباتية :

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

ب - بقولية : حبوب وبنور زيتية وأكسابها ومستخلصاتها ومساحيقها .

ج - 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 جنث ومحتويات كرش وريش وأحشاء ودم وعظم في صورة مساحيق ، مخلفات مصانع الألبان والحليب ( عذاري بیدان القز ) وبقايات 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 فى الغذاء الصناعى للأسماك مايلى :

١ - أن يكون رخيصا ومتوافر المصادر فى البيئة المحيطة 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 تطله 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 التي تسمى خصيصها لتصنيعها كغذاء صناعي لمزارع الأسماك . وإن كان يفضل استخدام المصادر التي لاتنافس الأسماك عليها كائنات أخرى سواء أدمية أو حيوانية ، وهذا يتوقف على أسعار هذه المكونات الغذائية ومدى وفرتها ، وعلى هذا قد تستبدل الحبوب ( غذاء الإنسان والدواجن وغيرها ) بمنتجاتها الثانوية ( من نخالة وكسروحت .. ) والبذور بمخلفاتها ( أكساب ) والأسماك بفضلات تصنيعها ( مسحوق ومركزات وزيت وذائبات السمك ) وهكذا .

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

ومن التجليات كذلك الرأى والشعير والشوفان . وينبغي خفض المكونات التي تعمل على تسمين السمك ( كالذرة ) وذلك قبل تسويقه بعدة أسابيع ، لكن تفضل إضافتها في الخريف لتحتفظ الأسماك بطاقتها للشتاء . كذلك الثمار القرونية من ترمس وبسلة وفول حقل وفول صويا ، وإن كان الترمس خفيفاً مما يصعب توزيعه على الجسم المائى . وأيضاً تستخدم في 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 ومجموعة فيتامين B المركبة . وقد تعامل بعض النباتات والأعشاب إما بالفسيل أو بالطهى أو المعاملة الكيماوية ( قلوبيات أو أحماض ) ، فمعاملة نبات الليوكينا ( بقولى استوائى ) بالنقع والتجفيف تقلل سمية هذا النبات لما يحتويه من مركبات سامة ، ومعاملة المواد الخشنة مثل ورد النيل مثلاً 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 تثبت البذور لإغنائها بالفيتامينات في طور الإنبات ، وقد تجفف أو تطبخ أو تفرم .

ومن مخلفات البذور الزيتية تستخدم أكساب بنور القطن وفول الصويا والسّمسم والكتان والفول السودانى وعباد الشمس ، وقد يتم التقلب على مشاكل بعض هذه الأكساب فالجوسيبول فى كسب القطن

سام للسماك فيما تستخدم أكساب القطن منخفض الجوسيبول أو أن يعامل الكسب بالبخار أو يضاف إليه كبريتات الحديدوز كما يجب إضافة الـ ليسين إلى كسب القطن ، وكسب الصويا يضاف إليه الحمض الأميني المحدد فيه وهو الميثيونين وبمعاملته حراريا يتغلب على محتواه من مثبطات الإنزيمات ، وينبغى إضافة الميثيونين إلى كسب الفول السوداني والذي يجب خلسوه من الأفلاتوكسينات السامة للأسماك والإنسان ، وكسب عباد الشمس يعوزه الـ ليسين ، وكسب الكتان يحتوى على مثبطات للنمو فيجب إثراء عليقتة من فيتامينات B ، وكسب السمسم غنى بـ حمض الفيتيك مما يستلزم إضافة الفوسفور إلى علائقه .

ومن المصادر غير التقليدية النباتية فى تغذية الأسماك مثل الاستفادة من بروتين أوراق النباتات ( خاصة البقولية ) بعصرها وترسيب البروتين بالحرارة أو الحامض أو بالترد المركزى ، ولخفض التكلفة يخلط العصير مباشرة مع المواد المائلة ( كالرجيعة وخالقها ) 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 إثارته للغبار عند الطحن . كما يتم تنمية الكائنات الحية الدقيقة من بكتيريا وفطريات وخمائر وغيرها من أنواع معينة على بيئات مختلفة مغذية ( 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 عالية 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 فنابرا ماتستخدم فى تغذية السمك ، بينما مسحوق الدم أفضل من مسحوق اللحم وأرخص من مسحوق السمك ، ومسحوق العظام غنى بالمعادن وكذا البروتين ( كولاجين ) ، والريش المتحلل مائيا لا يستخدم منفردا كمصدر للبروتين لانخفاض قيمته الحيوية ، إضافة إلى البيض والألبان والجبن والشرائق وغيرها .

والأسماك أهم المصادر الحيوانية الغذائية للأسماك ، وتستخدم طازجة ( وإن احتوت أسماك الماء المالح على إنزيم الثياميناز 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 كالهوريا ) ، كما يستخدم زيت السمك كمصدر طاقة غنى بفيتامينات D.A والأحماض الدهنية الضرورية ، وقد تحفظ الأسماك فى صورة سيلاج كغذاء للأسماك بتخميرها مع الكربوهيدرات أو باستخدام الأحماض أو بحفظها

بالمح . وسيلاج الأسماك أرخص من مسحوق الأسماك ، وبجانب رخص تكاليف تصنيعه وبساطة طريقة تحضيره فإنه يمكن حفظه لمدة طويلة دون تلفه ، ويمكن تصنيعه من عفشة الأسماك ( الأسماك الصغيرة ) ومخلفاتها ، ويسهل خلطه مع باقى مكونات العليقة كمصيدة ، سواء مع مخلفات المطاحن والمضارب أو مخلفات مصانع البسكويت والمكرونه وغيرها مما يثريها بالبروتين الحيوانى ويحسن طعمها ورائحتها ويحسن من الاستفادة منها ويقلل فقدائها . وحموضة السيلاج تمنع نمو البكتريا الضارة ( بكتيريا العفن ) والفطريات والخمائر مما يحفظ السمك من التحلل والفساد . ونظرا لضعف حموضة السمك ولحتواءه من ثالث ميثيل أمين أو أكسيد ( فى 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 ليقبل من هدم الأحماض الأمينية بفعل بكتريا التلف ، كما يضاف باديء 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 ٪ موالس . وعند عمل السيلاج باستخدام الأحماض المعدنية يخفض pH لأقل من ٢ ، بينما عند استخدام الأحماض العضوية يكفى وصول pH ٢,٥ - 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 ( ٦,٢ 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 ٢٪ من مخلوط ٢ : 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 ( ٢٪ على الأقل ) .

ولعمل السيلاج يتم فرم السمك ( سواء كامل أو أحشاء ومخلفات أو مخلفات جمبرى ) وخلطه بالحمض ، فيتحلل إنزيميا ، وينوب حوالى ٨٠ ٪ من البروتين فى سيلاج السمك بعد أسبوع واحد على درجة حرارة ٢٢ - ٢٠ م ، ولا يتحرر من الأحماض الأمينية سوى ١,٢ ٪ من الأزوت الأمينى فى صورة أمونيا بعد ٢ أسابيع تحت الظروف الاستوائية ، وقد يهدم الترتوفان الحر ، كما أن المثيونين والهيسيتيدين قد يكونان غير ثابتين . وإذا عمل السيلاج من سمك تالف جزئيا فيكون الهيسيتيدين عاملا محددا كما يعتبر كذلك المثيونين عاملا محددا للنمو فى سيلاج السمك . ويجب معادلة السيلاج المحض بالأحماض المعدنية قبل التغذية عليه بإضافة ٢ - ٥ كجم جير / ١٠٠ كجم سيلاج . ولعصيرية السيلاج فيتطلب كمية كبيرة من المساحيق الرابطة لإنتاج محبيبات رطبة مقبولة ( ٣٠ - ٤٠ ٪ رطوبة ) ، ولهذا السبب فالسيلاج المخمر أفضل من السيلاج المحض 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 ، ويعد 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 أجرة لحين الاستخدام . وقد تستخدم كعجينة بدون تحبيب وتجفيف . ويحفظ السيلاج في أواني 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 مجفقا 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 وشرش الجبن ( عديم الملح ) بعد تجفيفه . كما تنتج الحيوانات المائية الصغيرة فى أحواض خرسانية مطهرة بالجير الحى ومسمدة عضويا وتملا 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 وتفصل 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 وتكلمها الأسماك .

**الملائق المركزة الجافة :** تشكل التغذية حوالى ٦٠ - ٦٥ ٪ من إجمالى تكاليف السمك ، لذا فمن المهم لاقتصادىة 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 . والقدان من الزارع السمكية يلزمه 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 النواجن ومسحوق اللحم ونواتج التحلل المائي للريش ونواتج التخمر الساخن لمخلفات المجارى بجانب البيض والهوام الحيوانية ( كبديل جزئى لمسحوق السمك ) كمصادر بروتينية ، وكذلك البطاطا والجزر ومخلفات الأسواق ومخلفات الخبز والأكساب والنخالة والحشائش والطالب . 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 بالمعدوى المرضية ( كاستسقاء البطن ) وهى لا تترك متبقيات Residues فى لحوم الأسماك بعد ٢ - ٣ أيام أى لاخطورة منها على المستهلك الأدمى .

وتنتشر فى الأسواق كثير من الأعلاف المركزة الجافة فى صورة بلانكتون صناعى يعنى عن الأغذية الحية كالتحالب الدقيقة والروتيفيرا والارتيميا ، ويتكون من بيض سمك وصغار ولبن فرز وبروتين سمك ومسحوق كبد وإيتامينات ومعادن ، وهو علف للأطوار الأولى من السمك يحتوى ٥٠٪ بروتين ، ٢٤٪ دهن ، أقل من ١٪ ألياف ، أقل من ٨٪ رماد ، أقل من ٨٪ رطوبة ، وذلك فى صورة كبسولات دقيقة 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٪ ومعنى ٧ - ١٣٪ وليفى ٤ - ٧٪ ورطوبة ٣ - ٧٪ . وكذلك توجد قشور الجمبرى Brine Shrimp Flakes من الارتيميا Artemia Salina البالغة بعد معاملتها بالترد Extrusion وإضافة مساحيق السمك والدم ومستخلص الخميرة ومركبات وزيوت الأسماك ، وذلك لتوفير احتياجات السمك والجمبرى من صبغات وأحماض دهنية ، ويحتوى على الأتقل 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 شواطئ 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 ٤ ، ٠ مم ويمكنها بلوغ ١ سم فى الطول لكنها تصير غير مأكولة ليرقات الأسماك فى هذا الحجم .

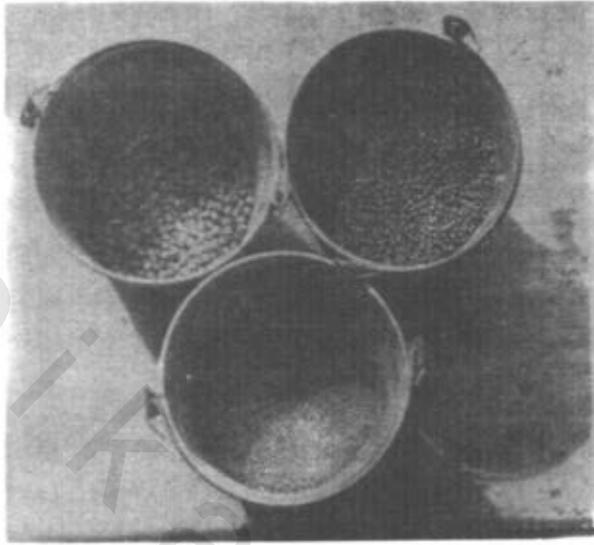
وتقبل معظم أنواع الأسماك على الأعلاف الصناعية المحببة Pelletized artificial feeds والتي تعامل عند تجهيزها بعد الطحن والخلط بالمعاملات الحرارية لتساعد على التكعيب Pelleting وتحسين خواص العلف . ففي هذه المعاملات الحرارية يمكن تثبيت وتحطيم بعض المركبات غير الغذائية أو السامة

خاصة بعد الطحن الذي 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<sup>٢</sup> فيثبط مثبط الترسين في مخلفات الصويا ، ويتم التجفيف وتطول مدة الحفظ .
- ٢ - الطرد أو الدفع Extrusion يولد حرارة مرتفعة نتيجة الاحتكاك ، ويتم تحت ضغط مرتفع ويؤدي إلى الجلطنة Gelatinization فيساعد على هضم النشا ، ويتم تحت ظروف جافة أورطية ، ويساعد على إتلاف الأفلاتوكسين .
- ٣ - التسخين الرطب Expansion وهو طبخ تحت ضغط مرتفع البخار أو الماء يليه تجفيف .
- ٤ - الهضم الإنزيمي أو التخمر ( سيلجة Ensilage ) بالأحماض أو البكتيريا ، أو الهضم بالقلويات كالصودا الكاوية للمخلفات الغنية بالسليولوز واللجنين .
- ٥ - إغناء العليقة بمصادر بروتينية أو بالأحماض الأمينية الضرورية التي تعوز مكوناتها .

وتحتاج مزارع الأسماك إلى موزعات العلف الجاف Dry feed dispensers أو قد يوزع يدويا إذا لم تتوفر الوسائل الميكانيكية أي الموزعات الآلية Automatic dispensers التي تعمل بالكهرباء ، والتوزيع اليدوي يكون على الضفاف أو باستخدام قارب . وهناك غدايات تعمل بواسطة السمك ذاته ، وفي الإنتاج المتسع تستخدم ناثرات Blowers تقذف بالحبوب أو المكعبات بمقننات في أوقات محددة .



أعلاف محببة Pellets للأسماك مختلفة الأحجام



سمك ثعبان يتغذى تغذية مكثفة على غذاء مركز جاف

## استهلاك الغذاء :

يختلف مستوى التغذية كثيرا باختلاف نوع السمك وعمره ومرحلة نموه وحالته الصحية والفسيلولوجية والظروف الجوية والموسم من السنة ونظام التغذية والإنتاج وغير ذلك . ففي البلطي 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 البلطي الموزمبيقى على معدل تغذية ٢ / ٪ ، فإن أفضل معدل تحويل غذائى للبلطي النيلي يكون على معدل تغذية ١٪ من وزن الجسم يوميا . وأفضل معدل تغذية اقتصادية يكون أقل من معدل التغذية اللازم لأقصى نمو . والمستوى الأمثل لتغذية البلطي الأخضر T.zilli صناعيا تراوح ما بين ٤ - ٦٪ من وزن الجسم يوميا . ولقد أعطى سمك المبروك اللامع Mirror Carp عند تغذيته بمستوى ٢٪ من حيز الجسم التمثيلى (وزن الجسم) ٨٠ ، ٠ ، 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 وبالتالي 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 ، والتي 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 ، كفايته 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 عليقة معدل تحويلها ٤ علما بأن معامل الإنتاجية (k) ٣ .

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

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

حيث Na مساحة الحوض بالأر [ بينما إنتاجية المجرى المائى :  $K = B.L.k$  حيث L المقطرة البيولوجية لمتوسط عرض المجرى ] والأر ١٠٠ م<sup>٢</sup> ( ٠ ، ٠١ هكتار أو  $\frac{1}{٤}$  من الأكر ) Actre حيث الأكر ٠ ، ٤ هكتار أو ٤٠٠٠ م<sup>٢</sup> )

∴ 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 طبيعياً =

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

والإنتاجية الكلية المطلوبة لتعادل ٤ أضعاف الإنتاج المحسوب طبيعياً =

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

= فالإنتاجية الراجعة للتغذية الصناعية =

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

وإذا كانت العليقة معدل تحويلها ٤ فإن الغذاء المطلوب =

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

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

$$3944 = \frac{3080.6 \times 10}{100} + \frac{3080.6}{1} =$$

### طرق تقدير استهلاك الغذاء في السمك :

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

١ - التقدير النوعي : ويشمل تحليل مكونات المعدة وتحديد نسبة تواجد كل نوع من الغذاء ، وعدد كل نوع غذائي كنسبة مئوية من العدد الكلي للأغذية الموجودة بالمعدة ، والأنواع الأكثر تواجداً ، والحجم الكلي للمعدة وحجم كل نوع غذائي بالمعدة ، ونسبة حجم كل غذاء من الحجم الكلي للمعدة ، الوزن الجاف للغذاء الكلي بالمعدة كنسبة مئوية ، وقد يقدر الوزن الرطب لكل غذاء على حدة والأغذية كلها في المعدة ، أو بطريقة النقاط ، إذ يعطى كل غذاء نقط تمثل تكراره وحجمه وهي تشبه الطريقة الحجمية أو الوزنية .

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

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

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

٢ - أفضل طرق التقدير هي مابنى على تسجيل كمية وحجم عناصر الغذاء في 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 الغذائي ، واختلافات متوسط وزن محتوى المعدة على مدار عام يدل 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 السعيرية ( الحرارية ) أي قيمة طاقته . والدليل الذي أخذ بالاعتبار مختلف مصادر القياس هو الدليل الأصوب في هذا التقدير لذا يستخدم دليل الأهمية النسبية Index of Relative Importance ( IRI) الذي يتضمن النسبة المئوية للعدد (%N) أى كمي ، وكذلك النسبة المئوية للحجم (%V) أى حجمي ( أو وزني ) ، وتكرار وجود (F) الغذاء

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

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

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

١ - قياس مباشر للكم المستهلك في وجبة معينة أو في فترة زمنية معينة .

ب - قياس معدل تمرير المعدة ( كوحدات وزنية من الغذاء تنتقل في وحدة الزمن ) كقياس دائم القياس في الدراسات الفسيولوجية الغذائية على العوامل المؤثرة في التغذية والهضم . وقد يقدر الاستهلاك الغذائي اليومي من هذه النتائج على افتراض أن متوسط معدل مرور الغذاء إلى الخارج ( من المعدة ) ينبغي أن يساوى متوسط معدل الاستهلاك .

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

ويتم في المعمل قياس كل من استهلاك وإخراج وامتصاص الغذاء والعمليات الميتابولومية والنمو لمعرفة احتياجات الأسماك الغذائية وتكوين علائقها أو لدراسة فسيولوجيا التغذية وعمليات الهضم ورعاية الأسماك ، رغم أن الظروف العملية 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 في فترة ما ( أسبوعين ) مقسوما على نصف حاصل جمع وزن السمك في 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 الماكول منها بالنظر أو بتسجيل نشاط التغذية على فيلم ، ويعيب الملاحظة بالنظر أنه لا يمكن تعقب أكثر من سمكة واحدة في نفس الوقت كما أن كل سمكة تحتاج إلى حوض منفرد وينبغي استخدام أغذية طافية لكن الفيلم يسجل لمجموعة أسماك في نفس الحوض . ويمكن حساب استهلاك الغذاء بالفرق بين الغذاء المضاف والمتبقى بعد فترة التجربة ، سواء في 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 الماكول . 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 الجزئي يمكن إزالة المحتويات ككتلة واحدة مع عدم تلوثها بمواد من الجهاز الهضمي نفسه ( طلائية أو مخاطية ) ، ويقسم الجهاز الهضمي 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 / 1 ) ففي هذه الحالة يقدر معدل مرور الغذاء نون الحاجة إلى صيام الأسماك قبل أو بعد التغذية على الغذاء المختبر . وللتغلب على مشاكل الاضطراب إلى قتل السمك فيمكن أخذ محتويات المعدة من السمك الحي بوضع أنبوبة أختبار في المرء والضغط على جانبي السمكة لإخراج الغذاء من القم ، وهناك مضخة معدة يمر فيها الماء باندفاع من أنبوية مثبت عليها صمام يسمح بالمرور في 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 أنبوية 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 النفوس (بنسبة عالية) ، كما أن مضخة المعدة قد تؤدي إلى تمزق مابين المريء والمعدة .

٢ - استخدام النظائر المشعة وأشعة إكس لا تتطلب إزالة محتويات الجهاز الهضمي ، وبالتالي تتلافى مشاكل الحصول على الغذاء من الجهاز الهضمي ، سواء السمك حي أو مقتول . لذلك يبحث عن تراكم الإشعاع نتيجة التغذية على عليقة محتوية على نظير مشع غالباً سيزيوم ١٣٧ للتعبير عن استهلاك الغذاء ومروره . وعيب هذه الطريقة هو خطورة التعامل مع المواد المشعة في إعداد العلف ومتبقيات 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 لا يحتاج إلى صيام السمك . ويمكن أخذ صور بأشعة إكس لأسماك بعد تخديرها بعد التغذية على عليقة محتوية على مسحوق ( برادة ) حديد ( بقطر جزيئات ١٠٠ - ٢٠٠ ميكرون ) بتركيز ٥٪ من العليقة ، ولاتحتاج الأسماك إلى الصيام قبل أو بعد الغذاء المرقم ، ويمكن تتبع جزيئات الحديد في الجهاز الهضمي 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 وبعيدة الخطورة مقارنة باستخدام النظائر المشعة .

٤ - غدايات حسب الطلب Demand Feeders : تعود الأسماك على الحصول على غذائها حسب الطلب بالضغط على ذراع وتحسب عدد الحركات في وحدة الزمن لدراسة سلوك التغذية الاختيارية للسمك بالنسبة للمتغيرات البيئية كالضوء والحرارة وجودة العلف ( محتواء من الطاقة ، تنوقه ، وغير ذلك ) وغيرها ، وحيث كل نقرة على الغداية تمثل كمية معلومة من الغذاء فيحسب 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 الهضمي .

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

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 ، وذلك 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 نوات 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 العمق والصعود من القاع إلى سطح الماء لتتنفس الهواء الجوى ، مما يؤدي 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 لسطح للتنفس بحوالى ٧٠ ٪ إذ تخفض من الفعل الديناميكي النوعى وعليه ينخفض معدل الميتابوليزم ( إلى ٢٥ . مل أوكسجين / جم / ساعة ) لكن ليس إلى نفس الحد الذى يمكن للأسماك التى تتنفس بالخياشيم والتى يمكن أن تخفض معدل استهلاكها للأوكسجين إليه ( ١١ . مل أوكسجين / جم / ساعة ) لأنها تضطر إلى الصعود لسطح الماء للتنفس لتظل حية . والأسماك التى تتنفس الهواء الجوى كبيرة الحجم تنقل فيها علاقة عمق الماء بتكرار صعودها لسطح وبمعدل التغذية لأن لها معدلا ميتابوليزم منخفضا نسبيا ، كما أنها فى كل مرة تنفس تسحب حجم أكبر من الأوكسجين فلا تضطر إلى تكرار صعودها لسطح 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 = ٠,٨٠ بينما للسمك الصغير = ٠,٤٠ ، حيث و = وزن الجسم) وبالتالي تكون الاحتياجات الغذائية الحافظة للسمك الكبير أقل لانخفاض فقدها للطاقة ( إلى الماء ) بزيادة وزن الجسم ( أى بنقص

المسطح النسبي للجسم ) أو عمر السمك ونموه .

وعليه عند حفظ السمك على مستوى عتيقة منخفض فإن معدلات النمو والكفاءة الكلية للتحويل الغذائي 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 ( أكل 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 العتيقة بارتفاع درجة الحرارة .

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

٤ - التغذية : الأغنية البروتينية ( الحيوانية ) تزيد احتياجات السمك للطاقة ( فيزيد معدل استهلاك الغذاء ) اللازمة لهدم البروتين وإخراج نواتج ميتابوليزمه ، 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 رماذ ( معادن ) العتيقة تزيد احتياجات الطاقة للتخلص من هذه المعادن الممتصة . وعند تخفيف العتيقة كان يضاف إليها مثلاكولين Kaolin ، فإن السمك يزيد من استهلاكه للغذاء سواء بزيادة تكرار التغذية وكذلك بزيادة معدل تفرغ المعدة .

٥ - العوامل البيئية : تؤثر على استهلاك الغذاء واحتياجات الطاقة من خلال تأثيرها على نشاط السمك وفقدته 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 اليومي 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 المتوفر فى 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 تفرغه من الجسم . ويقف استهلاك الغذاء بامتلاء المعدة بغض النظر عن الاحتياجات الميتابوليزمية ، فهناك علاقة عكسية بين شهية السمك للأكل ودرجة امتلاء

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

### الزمن اللازم للشبع ( Satiety ) time :

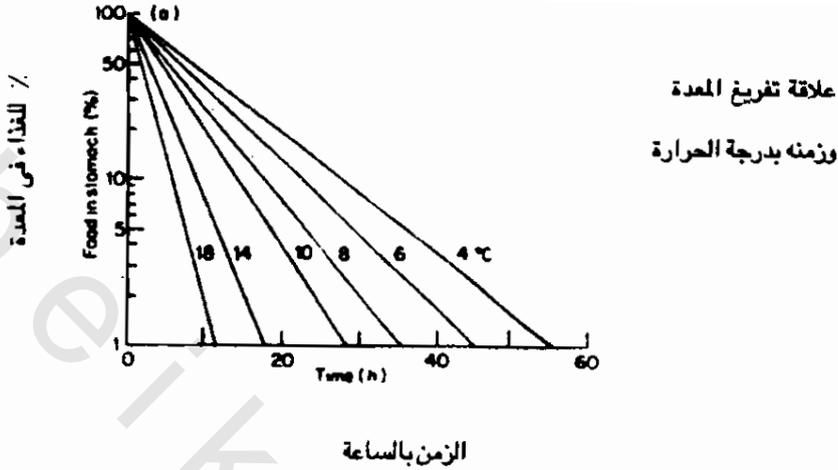
تصل الأسماك أكلة الحوم لحد الشبع إذا ما استنفذت ١ - ٢ ساعات كل يوم فى التغذية ، تتعامل خلالها مع غذاء يبلغ ٠.٤ - ١٢.٠٪ أو أقل . بينما الأسماك أكلة العشب تحتاج لقضم وتحطيم أنسجة النبات الصلبة وربما تطحن وتبتلع كميات محسوسة من المرجان والصخور والرمال مما يستهلك وقتا ، فبالنسبة لأكلات الأعشاب من طحالب ونباتات تقضى ٨ - ١٤ ساعة وتتعامل فى كل ساعة مع كم غذاء أقل ( ٠.٢ - ١.٠ ٪ من وزن الجسم لكل ساعة ) مما فى حالة أكلات اللحوم . أما أكلات 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 . وعلى ذلك فقد لا توجد حالة شبع فى الأسماك الأكلة بالترشيح وإن كان يمكن إحداث الشبع فى ظرف ساعة بتغذية معينة ، وتتوقف حالة الشبع فى هذه الأنواع على سرعة العموم ، لكن تتغذى الأسماك باستمرار بمعدل ثابت طالما توفر الغذاء فى الماء . ويؤثر حجم وكثافة جزيئات الغذاء على وقت الشبع ومعدل التغذية للأسماك ، إذ أن انخفاض كثافة الغذاء يستدعى السمك أن يبحث عن مزيد من الطعام فى حيز كبير من الماء ، كما أن صفر 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 وتفرغ المعدة والشهية وحجم جزيئات الغذاء وأنواعه . فحجم جزيئات الغذاء المختاره من قبل السمك تزيد بزيادة حجم السمك ، فالسمك الكبير لا ياكل جزيئات الغذاء الصغيرة رغم وفرتها ، لكن يزداد معدل التغذية بوفرة الأحجام المناسبة لجزيئات الغذاء وذلك لامتيان السمك باختياريتها للغذاء Prey selection .

### تفريغ المعدة Gastric Emptying or Gastric Evacuation :

تستبقى أكلات العشب جزء فقط من الغذاء المهضوم بينما معظم الغذاء يمر إلى الأمعاء ويمتص منه القليل ، لذلك فإن أكلات العشب لا تمتص سوى حوالى ٦٢ ٪ من المادة النباتية ، بينما فى أكلات اللحوم فإنها تنهش باستمرار فى الغذاء وتمرهه إلى الأمعاء لمزيد من الهضم والامتصاص ، والفرق بين نوعى الأسماك هذه من حيث نظام الهضم ينعكس فى زمن تفرغ المعدة . فنجد فى أكلات العشب أنها تخرج ١٠٠ ٪ من الغذاء النباتى المستهلك فى حوالى ٦ ساعات ( ٢ - ١٠ ساعات ) بينما تفرغ معدة أكلات اللحوم فى حوالى ٢٢ ساعة ( ٦ - ٤٨ ساعة ) وإذ ذلك نجد كفاءة الامتصاص فى أكلات النفايات ٤٢ ٪ ، وفى أكلات العشب ٣١ - ٨٨ ٪ ، وفى أكلات اللحوم ٨٥ - ٩٨ ٪ . لمختلف المصادر الغذائية وذلك للعديد من





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

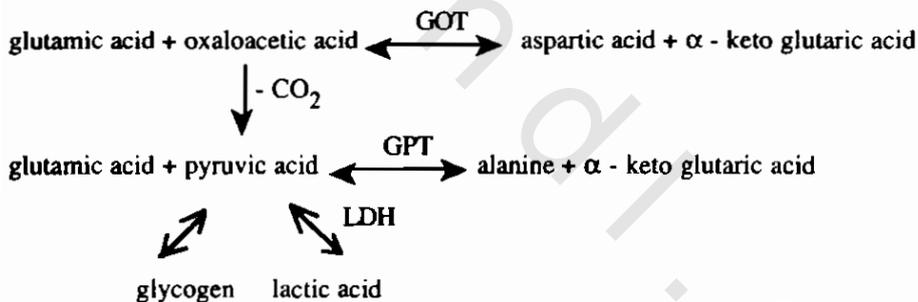
### التجوع Starvation :

تمر كثير من الأسماك بفترات صيام Fasting أو تجوع طبيعية خلال الشتاء وهجرة التكاثر أو لنقص الغذاء . وهي فترات موسمية وإن كان لبعض الأسماك القدرة على التقلب عليها بوسائل كيميوسموية وفسيولوجية وسلوكية . إذ يمكنها خفض احتياجاتها الحرارية عند نقص الغذاء وذلك بخفض متوسط معدل الميتابوليزم ويظهر ذلك بنقص استهلاكها للأكسجين . وفي أثناء التجوع تستمر العمليات الأساسية على حساب المخزون الجسمي مما يؤدي إلى فقد في الأنسجة الجسمية .

وتلعب درجة الحرارة دوراً هاماً في التأثير على التغييرات في تركيب الجسم في أثناء التجوع ، إذ يكون تأثير التجوع في الصيف أشد وقعا منه في الشتاء لارتفاع معدل الميتابوليزم (زيادة الحاجة للطاقة) صيفاً .

وفي أثناء الجوع لاتستهلك الأسماك مخزونها الكربوهيدراتي (جليكوجين الكبد) بسرعة لذلك لا يختلف جلوكوز الدم ولاجليكوجين الكبد كثيراً عنه في الأسماك المغذاة ، ويرجع ثبات مستويات جلوكوز الدم في أثناء التجوع إلى عملية تخليقه من مصادر غير كربوهيدراتية Gluconeogenesis والتي يعتقد أن لهرمونات قشرة غدة فوق الكلية (الأدرينال Adrenal gland) الكورتيزول Glucocorticoids دوراً هاماً في حث وتشجيع هذه العملية ، وذلك لعدم قدرة السمك على تحويل جليكوجين الكبد بسرعة إلى جلوكوز لعدم كفاية إنزيم الفسفرة Phosphorylase اللازم لتحويل الجليكوجين إلى جلوكوز - ١ - فوسفات .

وخلافا لما هو في الثدييات فإن الأسماك تخزن دهونها في الأحشاء والكبد والعضلات الهيكلية ، ومعظمها دهون حقيقية وهي المصدر الرئيسي للطاقة اللازمة لحفظ نشاط السمك طبيعيا في أثناء الشتاء وفي أثناء صيامه ، إذ يفقد خلال التجويع ٤٠ - ٥٠ ٪ من وزن السمك ( كدهون ) قبل التجويع ، بينما يشكل فقد بروتين العضلات وسوائل الجسم حوالي ١٠ - ٢٠ ٪ من الفقد ( بالتجويع ) في وزن الجسم . فتجويع أسماك الفرخ عريض الفم مدة ٤٠ يوما على ٢٥ ° م فقدت خلالها ١٤ ٪ من الوزن ( كدهن وبروتين بنسبة ٦٠ : ٤٠ ) . وأسماك الكراكي Pike عند تجويعها ٢ 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 ٧٧,٢ ، 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 في العضلات إلى ١٦ ٪ تقريبا من الأصل وينعدم تقريبا الجليسين والهستيدين ، كما تزيد الأحماض الأمينية الحرة في الكلى والكبد والطحال خاصة الليوسين . وأكثر الأعضاء مقاومة لانخفاض البروتين بالصيام هي المخ والقلب ، بينما الأعضاء الأكثر تآثرا هي الكبد والكلى والطحال والأمعاء والعضلات على الترتيب . وتتأثر الإنزيمات بالتجويع ، فبانخفاض بروتين عضلات سمك موسى أرتبط ذلك بانخفاض نشاط إنزيمات الجليكوليتيك والجلوكونيو جينيك في العضلات الحمراء والبيضاء . وفي سمك الثعبان الياباني يزيد نشاط إنزيمات الترانس أميناز ( GOT , GPT ) في الكبد والتي ترتبط بتشجيع تخليق الجلوكوز من غير المصادر الكربوهيدراتية



وتختلف التغييرات الكيماوية الناشئة عن التجويع باختلاف الأسماك والعضلات ، ففي سمك البليس Plaice تفقد العضلات البيضاء الدهون والجليكوجين والبروتين وارتفع محتواها المائي ، بينما عضلاتها الحمراء لم تفقد إلا القليل بالتجويع لمدة ٤ أشهر . ولكن أسماك القطب الجنوبي *Notothenia coriiceps neglecta* تستفيد من دهونها وكربوهيدراتها المخزنة في العضلات الحمراء بالإضافة لتلك المخزنة في الكبد . وحتى الاختلافات تظهر في نفس الجنس الواحد من السمك متباينة من نوع لآخر ، ففي ثعبان السمك الأمريكي الأصفر تحتفظ أنسجته بمستوى جليكوجين ثابت مع التجويع ، بينما ثعبان السمك الياباني يستفيد من جليكوجين ودهن الكبد ، والثعبان الأوربي يستفيد من جليكوجين ودهن الكبد

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

وتتباين كذلك مكونات الدم بالتجويع ، ففي سمك القد ( بكلا ) Cod ينخفض جلوكوز الدم ، ونفس الشيء في شعبان السمك الأوربي والكراكي ، بينما لا يتغير تركيز جلوكوز الدم في سمك الضفدع ( الأبتز ) Toadfish والسمك الذهبي والشعبان الأمريكي . كما يؤدي نقص التغذية إلى زيادة مستوى الأحماض الدهنية الحرة في بلازما الشعبان الأمريكي والأوربي ، بينما تاتير ذلك محدود على أسماك التراوت والكراكي ، وتنخفض في أسماك الضفدع . كما تنخفض النسبة الحجمية لجسيمات الدم Haematocrite في التراوت والكراكي بالتجويع لكن ذلك لم يلاحظ في الشعبان الأوربي . كما تتأثر هرمونات الدم بالتجويع ، إذ ينخفض تركيز الثيروكسين T4 وينخفض تحويله إلى T3 في التراوت ربما لانخفاض معدل الميتابوليزم والنشاط بالصيام . وتجويع الكراكي يزيد محتوى بلازما دمائها من الكوايستترول . فالتجويع يصاحبه تغييرات معقدة ومتداخلة بين مختلف مكونات الجسم ولكنها تغييرات عكسية وليست مرضية بمعنى أنها بإعادة التغذية يتم تخزين الجليكوجين في الكبد ويعود مستوى جلوكوز الدم وكذلك الهيماتوكريت مع زيادة دهن الكبد وكربوهيدرات العضلات والأحماض الأمينية في الجسم لما كانت عليه قبل الصيام في ظل عملية إعادة ضبط فسيولوجية وبيوكيماوية السمك بإعادة تغذيته . وقد تقاوم الأسماك الجوع لمقدرتها على التمثيل المباشر للمادة العضوية الذائبة في الماء والتي تمتصها الخياشيم بكميات بسيطة جدا لكنها مستمرة مما يساعد على حفظ الجسم ومقاومته رغم غياب الغذاء . إذ أن هناك من أنواع شعبان السمك ( الياپاني ) ما يحيا بنون طعام لأكثر من ٤ سنوات ، وأنواع أخرى بعد عدة شهور صيام يسحب خلالها بروتين العضلات البيضاء ويستهلك دهن الكبد كلية بينما لاتمس دهن المخ والقلب والخياشيم .

وبتغذية Force feeding الكراكي ( بالتخدير وضغط ٢٪ من وزن الجسم غذاء باللي المعدي ) لمدة ٦ أيام بعد صيام ٢ أشهر زاد دهن الكبد وجليكوجين العضلات إلى مستويات أعلى مما هي عليه في الأسماك المغذاة طبيعيا دون صيام وكذلك بالنسبة لنيتروجين الأحماض الأمينية بالبلازما .

## الهضم Digestion والامتصاص Absorption :

رغم أن الأسنان ( بمختلف أنواعها ومواقعها ) والخياشيم لها دور في الهضم الميكانيكي ( تقطيع وطحن ) للغذاء ، إلا أن الهضم الحقيقي ( الإنزيمي ) يبدأ في معظم أنواع الأسماك في المعدة التي تفرز غددها كل من حمض الهيدروكلوريك وإنزيم البيسين وذلك بفعل امتلاء المعدة وتنبيه العصب التائه Vagus بتنبيه الاسيتيل كولين والهستامين والكاريكول ( أحدا مركبات الكولينية ) . وفي الأسماك التي لاتحتوي معدة فإن أمعاها تطول لتخزين وهضم الغذاء ، وزيادة طول الأمعاء وثناياها يزيد كفاءة الهضم لإطالة وقت

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

وتفرز الإنزيمات للهضم المعوى من الزوائد البوابية والبنكرياس ومخاطبة 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 كالمطحن ودرجة pH المعدة وغيرها . والهضم فى المعدة يكون فى وسط حامضى pH ١.٥ - ٤ ، بينما فى الأمعاء يكون فى وسط متعادل إلى قلوئى . وأهم الإنزيمات الهاضمة فى الأمعاء هى إنزيمات التريسين البنكرياسى ، كما توجد فى الأمعاء إنزيمات أميلاز وسكريز ولاكتيز ومالتيز ، إضافة إلى الليباز . ولقد وجد أن نشاط الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات فى الأسماك أكلة العشب يفوق نشاطها فى أكلة 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 أكلات اللحوم أو متنوعة التغذية أو أكلات العشب كان على الترتيب ١١١٧ ، ٣٤٧٦ ، ٦٤٣٥ أى أن هضم البروتين أكثر تركيزا فى أكلات العشب ومتنوعة التغذية . بينما بالنسبة لإنزيم كاسيلولاز نجد نشاطه صفرا فى معظم الأسماك متنوعة التغذية وأكلة الأسماك Piscivores بينما معظم الأسماك أكلات اللحوم من أنواع اللافقاريات Invertivores تظهر نشاط عال لهذا السليولاز ، أى أن نشاط هضم السليولوز يرجع للتغذية على اللافقاريات التى تحتوى على السليولوز أو كائنات حية دقيقة محللة للسليولوز . ومن المعروف أن الأسماك التى تتغذى على الحيوانات الصغيرة تستفيد من إنزيمات هذه الحيوانات لذلك لاحتوى 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 والبيغاوات 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 فيها عصائر مانعة للتجلط تسمح للسمك بابتلاع سوائل الأنسجة والدم مباشرة إلى الأمعاء . ويحتوى عصير المعدة ( Gastric fluid secretion ) فى الأسماك على إنزيمات الببسينونوجينات ( 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

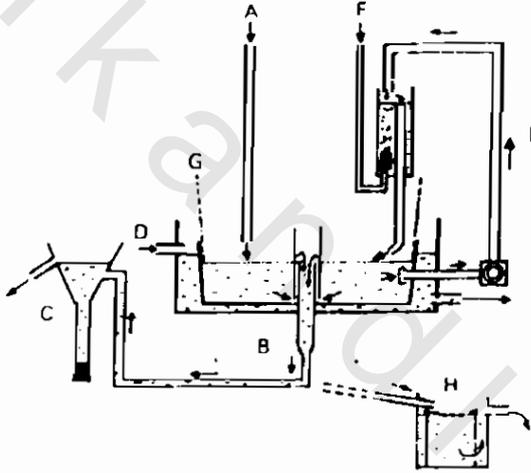
البروتين عن عصير معدة الثدييات كما يحتوى العصير البنكرياسى Pancreatic secretion على عديد من الإنزيمات الهاضمة كالتريپسين والكيموتريپسين والكريو كسيبيبتيداز والإستازن والتي تنشطها خملات الأمعاء ( فيتحول التريپسينونوجين إلى تريپسين بواسطة الأنتروكيناز من مخاطية الأمعاء ، وينشط التريپسين بالتالى الإنزيمات البنكرياسية غير النشطة الأخرى ) حسب نوع السمك ، فنشاط تريپسين بنكرياس الكراكي ٨ مرات أنشط منه فى أسماك المبروك . وكربوكسيبيبتيداز السمك يربط بالكولت أكثر من ارتباطه بالزنك خلافا لما هو فى الثدييات . ويعتبر أميلاز البنكرياس والأمعاء أكثر أهمية عن أميلاز المعدة فى هضم الكربوهيدرات فى البلطى ( وأكلات النباتات من الأسماك ) . ويبلغ نشاط أميلاز بنكرياس المبروك ١٠٠٠ مرة قدر نشاطه فى أسماك الكراكي أو ٤٠٠ ألف مره قدر نشاطه فى التراوت . والكتيتيناز يوجد فى إفراز بنكرياس ومعدة الأسماك المغذاة على الحشرات أو القشريات ، وهو لازم لتكسير الكيتين ، وقد تنتج كذلك بكتيريا الأمعاء . والبنكرياس ( وإن غاب من بعض الأسماك ) يعتبر أهم مصادر الليبازات ( استرازات ) وإن وجدت الليباز فى الأمعاء والصفراء . وفى أكلات الصخور إنزيم كربونيل انهيدراز لهضم كربونات الكالسيوم . وفى بعض الأسماك العظمية تحتوى الصفراء على إنزيمات تريپسين 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 الأمينوبيبتيداز وثنائى وثلاثى بيتيداز ( إريپسين erepsin ) ونيوكلوسيداز وعديد النيوكلوتيداز وليسيثيناز وليباز وأميلاز ومالتاز وايزومالتاز وسكران ولاكتاز وترها لاز ولاميناريناز .

وقد تحترق بعض أنواع الأسماك على بكتيريا فى الأمعاء تقوم بهدم الغذاء ، وكذلك بكتيريا تمثل النيتروجين ( كما فى البورى ) مما يقسر إمكانية استعادة بعض الأسماك من بوريا الغذاء ، كما توجد بكتيريا محلة 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 والبيتيدازات بتحليل البروتينات إلى البيبتيدات والأحماض الأمينية ، وتحلل الدهون بفعل الليبازات إلى جليسيريدات 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 الأعوار البوابية إلى الليمف وكذلك قد يمتص البروتين جزئيا فى معدة أسماك القرش ) أساسا بواسطة الانتشار Diffusion والنقل النشط Active transport إلى الدم إذ قد لا تنتقل الدهون فى الأسماك عن طريق الليمف وعليه قد لا تكون كيلو ميكرونات Chylomicrons فى الدم كما فى الثدييات .

وتقدر معاملات الهضم في تجارب هضم مباشرة كما سبق الإشارة إلى طرفها ( في طرق الغذاء وإخراجه ) ، وإن كانت هناك مشاكل في تقدير ذلك في 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 ( التي 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 هي الغذاء غير المهضوم بينما المخلفات الذائبة هي من الخياشيم والبول . وقد يستخدم مرقم Marker غير قابل للهضم كإسفيد الكروميك في الغذاء ، ومشكلته في 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 ومكبّل الحركة ، إلا أن ميزتها أنها تمكن من الجمع الكمي للروث وإخراجات البول والخياشيم وذلك عن طريق الوصلات الخاصة بالجهاز ، ويتقدير الطاقة والتحليل الكيماوي للإخراجات المختلفة وللغذاء يمكن تقدير معاملات الهضم والطاقة الميتابوليزمية .



نظام تجريبي لدراسة معاملات الهضم في الأسماك

A مدخل الماء

B ماء زايد ( بالوعة )

C مصيدة لحجز الروث وفضلات الغذاء

D صمام تحكم حراري

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 :

$$100 \times \frac{\text{المستهلك} - \text{الخارج في الروث}}{\text{المستهلك}}$$

بالنسبة لكل مغذ من المغذيات

وعند استخدام المرقات يكون معامل الهضم للبروتين مساويا :

$$100 - \left[ \frac{\% \text{ للمرقم في الغذاء}}{\% \text{ للمرقم في الروث}} \times \frac{\% \text{ للبروتين في الروث}}{\% \text{ للبروتين في الغذاء}} \times 100 \right]$$

والمرقات منها ما هو داخلي في نفس تركيب الغذاء (كاسليكا واللجنين وغيرها) أو خارجي يضاف إلى العليقة (كالبولي إيثيلين والكارمين وأكسيد الكروم وموليدات أمونيوم ورماد مقاوم للتحلل ومواد عضوية مقاومة للتحلل وأكسيد تيتانيوم وعناصر معدنية ومسحوق حديد معدني وغيرها) بنسبة ٢٪، وينبغي فيها أن تكون عديمة الهضم وتخرج بنفس معدل خروج محتويات الجهاز الهضمي الأخرى وأن تكون سهلة التقدير كيميا، وألا تؤثر على تذوق الغذاء.

ومعامل الهضم الكلي باستخدام المرقات يساوي :

$$100 - \left( \frac{\% \text{ للمرقم في الغذاء}}{\% \text{ للمرقم في الروث}} \times 100 \right)$$

وباستخدام المرقات يمكن دراسة عدد كبير من السمك الذي يأكل بحريته ولا نحتاج لتقدير كمى الغذاء المستهلك والروث الخارجى . ويتم جمع الروث من الأحواض بشبكة غطس دقيقة أو بطريقة السيفون أو بعمود الترشيح أو عمود الترسيب أو بغرابيل ترشيح تتحرك ميكانيكيا ، أو بإزالة العلف غير المأكول قبل جمع الروث ، أو أن تاكل الأسماك فى حوض وتنقل للتبرز فى حوض آخر . والمشكلة الأساسية فى ذوبان المغذيات من الروث مما يؤدي إلى تقدير مفضل (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 إخراجة مع تقادى تكسيره ، أو أن يحصل عليه قبل إخراجة ، سواء بقتل السمك وإفراغ الأمعاء أو من السمك الحى بالضغط على تجويفه البطنى ليخرج الروث نون اختلاط بالماء وفقد بعض محتواه من المغذيات إلا أن ذلك قد يؤدي إلى جمع غذاء لم يكتمل هضمه مما يؤدي إلى خفض معاملات الهضم ، وكذلك الاختلاط بسوائل الجسم أو طلائية الأمعاء . والأفضل هو سحب الروث من الإست ، وفى كل الحالات اليدوية ضغوط على السمك لا يمكن 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 في النواجن إذ تتحول الأمونيا إلى مركب أقل سمية هو حمض اليوريك متطلباً طاقة أكبر مما تتطلبه الثدييات لتحويل الأمونيا إلى يوريا ، وتخرج اليوريا وحمض اليوريك عن طريق الكلى . لذلك فالطاقة الفسيولوجية أو الميتابوليزمية للمغذيات المختلفة في 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 ولا تهضم المواد اللبيفية جيداً ، فزيادة الألياف تتداخل مع هضم وامتصاص المغذيات الأخرى . وهضم الكربوهيدرات يتوقف على تعقيد جزيئاتها ، فإسكربيات البسيطة تهضم وتمتص بسرعة ، بينما الدكستريين والنشا المطبوخ متوسط الهضم ، والنشا الخام فقير الاستفادة منه ، ولذا فالحرارة في أثناء تصنيع العلف المحبب ربما تكون مفيدة للنشا في الأعلاف النباتية . ووجود المثبطات في الأعلاف النباتية تمنع نشاط الإنزيمات كما في حالة مثبط التريسين في الطحالب الخضراء الخيطية *Chaetomorpha brachygonia* وزيادة كمية المادة غير العضوية في الفتات *detritus* لاتعد السمك بطاقة بل تخفض من كفاءة الهضم . ولكل معوقات الهضم هذه تتواءم الأسماك من خلال تواجد شاييا حلزونية في المرء تزيد مسطح الهضم في المرء ( لوجود نشاط هاضم للبروتينات في المرء ) ، أو تتطور أسنان بلعمومية فتكسر جدر الخلايا النباتية وتنساب مكوناتها السيتوبلازمية فيزيد الهضم المرئى ، أو أن تزيد حموضة المعدة ونشاط الأميلاز في أجزاء القناة الهضمية كلها ، أو تزيد الغدد المخاطية بما يزيد نشاط الهضم ، أو يزيد نشاط الإنزيمات الهاضمة للبروتين في 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 العليقة حتى في 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 :

مادة العلف	الطاقة الكلية كيلو جول / جم	معامل الهضم %	الطاقة المهضومة كيلو جول / جم
ريش بواجن 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

ويزيادة مستوى التغذية تنخفض معدلات الهضم وكذلك الاستفادة الغذائية لانخفاض الميتابوليزم والطاقة الممتدة . 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 )

$$= \frac{\text{طاقة العلف المأكول} - \text{طاقة الروث}}{\text{طاقة العلف المأكول}} \times 100$$

وقد بلغت هذه النسبة حوالي ٨٠ ٪ في أكلات اللحوم وحوالي ٥٧ ٪ في أكلات العشب .

$$٢ - \text{الاستفادة الغذائية (التحويل الغذائي) (Feed conversion (Utilization))} = \frac{\text{الغذاء المستهلك (جم)}}{\text{الزيادة في وزن الجسم (جم)}}$$

وفي حالة الأرواح الطبيعية يصعب تحديد معدل التحويل المطلق ( ناتج قسمة كمية الغذاء الموزع على الزيادة في النمو المتحصل عليها من هذا الغذاء فقط ) فيحسب عادة معدل التحويل الغذائي النسبي Relative food conversion rate كنتاج قسمة كمية الغذاء الموزع ( الصناعي) على الإنتاج الكلي ( من التغذية الطبيعية والتسميد والغذاء الصناعي ) . ويعتمد معدل التحويل الغذائي على الغذاء الموزع وكثافة تخزين السمك والوزن الفردي وعمر السمك وحالته الصحية ودرجة حرارة الماء وطريقة التغذية من كمية وتكرار التوزيع .

وقد تقيم التحويل الغذائي للأغذية المكملة للبطل على النحو التالي :

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

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

## ٢ - الكفاءة الغذائية Feed efficiency

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

ويؤثر حجم السمك على الكفاءة الغذائية للاختلافات في نسبة مساحة سطح الجسم إلى وزن السمك باختلاف الحجم ، فتكون الأسماك الأكبر حجماً أقل كفاءة غذائية عن الأحجام الأصغر عندما تكون الزيادة اليومية في وزن الجسم واحدة الحجم المختلفة ، كما تقل الكفاءة الغذائية بزيادة كثافة تخزين السمك إذ تؤدي إلى نقص النمو .

## ٤ - معدل كفاءة البروتين Protein efficiency ratio

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

وتشير إلى كفاءة الاستفادة من البروتين الغذائي والتي تتأثر بحجم السمك ونوعه وتركيب العليقة من الطاقة والبروتين ومصدر البروتين وكميته ومعامل هضمة إضافة إلى ظروف البيئة وحالة السمك الفسيولوجية

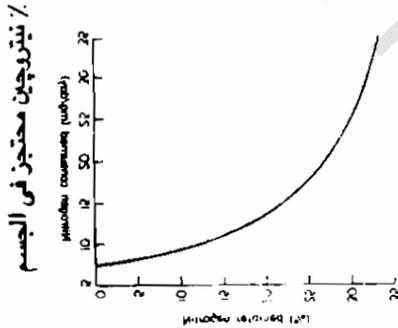
## ٥ - القيمة الإنتاجية للبروتين Protein productive value

$$= \frac{\text{إجمالي بروتين جسم السمك في نهاية تجربة نمو - بروتين جسم السمك في بداية التجربة}}{\text{البروتين المستهلك في التغذية في مرحلة التجربة}} \times 100$$

$$= \frac{\text{البروتين المخزن في الجسم}}{\text{البروتين المستهلك}} \times 100$$

وتقل كفاءة الاستفادة من البروتين للنمو بزيادة استهلاك البروتين في الغذاء كما يوضح ذلك الرسم

البياني التالي :



نيتروجين مستهلك في الغذاء (مجم / يوم)

علاقة كفاءة الاستفادة من البروتين في النمو باستهلاك البروتين

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

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

$$= \frac{\text{محتوى جسم السمك من الطاقة في نهاية تجربة نمو} - \text{محتوى السمك من الطاقة في بداية التجربة}}{\text{الطاقة المستهلكة في الغذاء في مرحلة التجربة}} \times 100$$

$$= \frac{\text{الطاقة المخزن في الجسم}}{\text{الطاقة المستهلكة}} \times 100$$

وكفاءة الإنتاج الصافي Net Production Efficiency عباره عن الطاقة المخزنة / ( الطاقة المستهلكة - طاقة الروث )  $\times 100$  ( وتشير إلى الكفاءة التحويلية للغذاء في الحيوانات الأخرى ) . وتقدر الطاقة المخزنة أو الإنتاجية في صورة قياس الطاقة بالحرق المباشر في مسعر حرارى أو بالحساب غير المباشر بضرب محتوى السمك من البروتين والدهن والكريبوهيدرات في 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 اليومي ( متوسط ) Average daily gain

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

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

$$= \frac{\text{لوغاريتم الوزن النهائى} - \text{لوغاريتم الوزن الأولى}}{\text{مدة التجربة باليوم}} \times 100$$

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

وعموما يمانه 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 )

الاستفادة من الأوت المتحص			القيمة الحيوية لبروتين الغذاء %
للمو	فقد طاقة	حفظ	
٥٩	٢٩	١٢	٨٠
٤٩	٣٩	١٢	٧٠
٣٩	٤٩	١٢	٦٠
٢٩	٥٩	١٢	٥٠
١٩	٦٩	١٢	٤٠
٩	٧٩	١٢	٣٠

وقد قدرت القيمة الحيوية لبعض البروتينات في أسماك المبروك كالتالي :

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

مسحوق فول صويا ٧٤٪ خميرة بتول ٧٣ - ٧٩٪ ، مسحوق جلوتين ذرة ٥٥٪ .

ورغم عدم انخفاض القيمة البيولوجية للبروتينات النباتية كثيرا عنها للبروتينات الحيوانية ، إلا أن البروتين النباتي أقل تمثيلا Assimilation عن البروتين الحيواني ، فالبروتين النباتي أقل في كفايته في النمو لنقص أحماضه الأمينية كالمثيونين واليسين والسيستين ولاحتوائه على كربوهيدرات غير مهضومة فتقلل من كفاءة هضم وامتصاص البروتين . وتؤدي إضافة الكربوهيدرات مع الدهون إلى زيادة كفاءة الاستفادة من البروتين ، وقد لا تستفيد بعض الأسماك ( كالبلطي والمبروك الفضي ) من ارتفاع بروتين العلف المضغوط Pellets لأنها تتغذى أساسا طبيعيا حتى مع زيادة كثافتها في الأحواض ، ورغم ذلك يستخدم العلف المحبب تحت ظروف خاصة لمزارع البلطي لزيادة معدل إنتاجها .

### ميثابوليزم الطاقة Energy Metabolism :

ليس كل الغذاء قابلا للهضم أو التمثيل الغذائي ، إذ يفقد جزء من طاقة الغذاء في الجزء غير المهضوم وغير الممثل ( ١٥ - ٢٠٪ ) ، أي أن جزءا من طاقة الغذاء فقط هو المتاح للنمو وليست كل طاقة الغذاء . وقبل النمو تغطي الأسماك احتياجاتها للتمثيل الأساسي ( القاعدي - القياسي ) والسباحة والنشاط الحركي النوعي ( SDA ) Specific Dynamic Activity كالطاقة اللازمة في نزع مجاميع الأمين Deamination من الأحماض الأمينية والطاقة المستهلكة في الهضم والتمثيل .

ولقد درست ميزانية الطاقة Energy Budget أو Bioenergetics في الأسماك أي علاقة طاقة الغذاء ( وتجزئتها ) بالطاقة المنصرفة متضمنة بعض المفاهيم كالطاقة الفسيولوجية النافعة Physiological useful energy وطاقة أكسدة الغذاء في أثناء الميثابوليزم ( كطبيعة كيميائية طبيعية Stoichiometric Nature ) ، والتي يمكن أن تؤدي إلى تقدير كمية الطاقة المتحررة في أثناء هذه الأكسدة

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

$$I = M + G + E$$

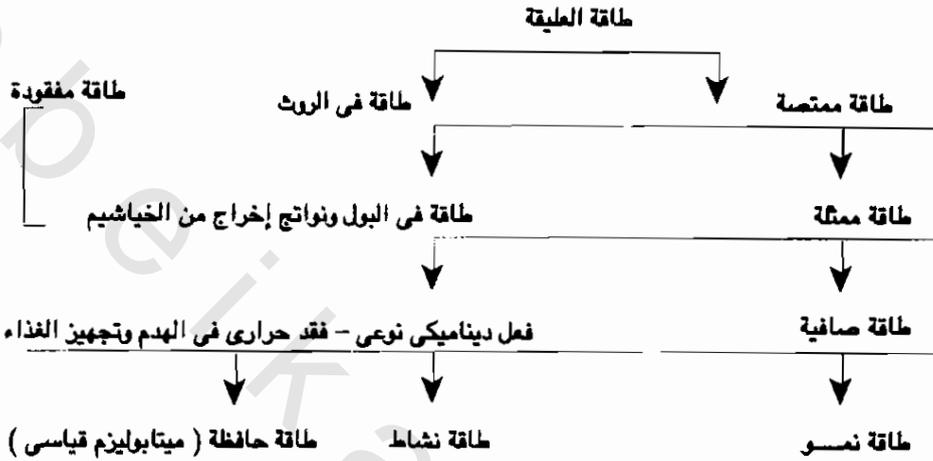
وتخضع عناصر ميزانية الطاقة للتحكم الإنزيمى والهرمونى والچينى ، وعليه فميزانية الطاقة حساسة للانتخاب الطبيعى . وتتضمن طاقة الميتابوليزم كل من طاقة معدل الميتابوليزم القياسى Standard Metabolism ( الطاقة المكافئة لما يفرز فى ميتابوليزم السمك غير المغذى أى فى طور صيام وراحة ) وأوميتابوليزم الراحة ، والميتابوليزم الروتينى ( عوم وأنشطة أخرى ) ، وميتابوليزم التغذية ( طاقة مطلوبة للهضم وحركة الجهاز الهضمى وتخزين الغذاء ) . بينما النمو ينقسم إلى نمو جسمى وإنتاج الجاميطات ( جنسى ) فالتناسل يتطلب طاقة ، سواء فى إنتاج الجاميطات أو فى تطور مظاهر الجنس الثانوية من لون وصفات ظاهرية وإفراز الفرومونات Pheromones والمخاط اللازم للصق البيض أو بناء العش والهجرة للتناسل والدفاع عن البيض ورعايته ، فكل ذلك يطلب طاقة ، وزيادة الطاقة المطلوبة للتناسل تكون على حساب وفرة الطاقة اللازمة لحفظ الجسم ونموه ، إذ هناك من الأسماك ما يوضع فى كل موسم تكاثر ٢ - ٣ مرات قدر وزن جسمه بيضا ، والبيض الجاف ( المبيض ) أو الخصى يحتوى فى المتوسط حوالى ٢٣ كيلو جول / جم ( لعدد 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 الطليقة + الطاقة المفقودة من الأنسجة = طاقة النشاط الميتابوليزمى + طاقة الأوت + 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 :

$$I = A + C + F$$

$$I - F = A + C \quad \text{أو}$$

$$A + C = M \quad \text{أى}$$

والبناء يشمل النمو الجسمي والجنسي ( مناسل ) ومنتجات الأنسجة المفقودة من سطح الجسم ، بينما الهدم يشمل الميتابوليزم القياسي والفعل الديناميكي النوعي والنشاط الطبيعي وتمريض الأنسجة والأزوت الخارج . ويصور الرسم التالي منافذ طاقة الغذاء المأكول في الأسماك ( ميزانية الطاقة ) :



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

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 في أكلات العشب لارتفاع الجزء غير المهضوم ، وارتفاع نسبة الفقد في النشاط الميتابوليزمي في كلا المجموعتين من الأسماك .

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

ويعبر الفعل الديناميكي النوعي ( ميتابوليزم التغذية ) عن الطاقة المستخدمة في 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 لا تستمد من الغذاء المهضوم والمتمص لكن من مخزون الجسم المتاح ، ويتوقف قدرة على كمية ونوع الغذاء ، وقد يطلق عليه التأثير الحرارى للغذاء أو إنتاج الغذاء من الحرارة Heat increment ( 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 الروتيني Routine metabolism يعبر عن معدل الميتابوليزم في أثناء النشاط العادى . ومشكلة الميتابوليزم الروتيني 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 في الأجهزة المستخدمة . وتتوقف الاحتياجات الحافظة من الطاقة الميتابوليزمية على درجة حرارة الماء وحالة السمك ونوعه ووزنه ونشاطه وجودة العليقة والتركيب الكيماوى للسمك ، وإذا لم تعد

نسبة الطاقة الميتابوليزمية المطلوبة للحفاظ عن الطاقة الميتابوليزمية المتحصل عليها عن ٢٠٪ فإنه يمكن الحصول على نمو عال . فالنمو عبارة عن طاقة الغذاء المحتجزة في 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 المستفاد من مكونات العلف للأسماك .

### النسبة التنفسية ( RQ ) Respiratory Quotient :

وهي خارج قسمة ثاني أكسيد الكربون الناتج من التنفس على الأوكسجين المستهلك في التنفس ، وقيمتها ١,٠ ، ٧١,٠ ، ٩٦,٠ . للكربوهيدرات والدهون والبروتين على الترتيب .

وهي صعبة التقدير في الأسماك لصعوبة استمرار قياس الأوكسجين الذائب ، إلا أنها تعطي مؤشرات عن التركيب الكيموحيوي للمواد المنتجة للطاقة الممتلئة في الحيوان ، أي أنها مرتبطة بكميات الطاقة المتحررة في أثناء الأكسدة وقد وجد أن الأسماك تتشابه مع الحيوانات الثديية في قيم الحرارة الناتجة من أكسدة كل من الكربوهيدرات ( ٢١,٠٩ كيلو جول / لتر أوكسجين ) والدهون ( ١٩,٦٢ كيلو جول / لتر أوكسجين ) بينما قيم البروتين ( ١٩,١٦ كيلو جول / لتر أوكسجين ) أقل قليلا مما هو للثدييات ( ٢٠,١٧ كيلو جول / لتر أوكسجين ) أي ١٤,٧٦ ، ١٢,٧٢ ، ١٣,٣٦ كيلو جول / جم أوكسجين في حالة الكربوهيدرات والدهون والبروتينات على الترتيب ، وقد يستخدم مكافئ طاقة عام مفترض ( لعدم معرفة المادة المأكسدة ) ١٣,٥٥ جول / مجم أوكسجين . وتقدر النسبة التنفسية في أجهزة التنفس Respirometers وتفيد في معرفة تركيب المواد الميتابوليزمية الناتجة وتحسب طاقتها ، وإن تباينت قيم النسبة التنفسية كثيرا بين الأسماك على أي مستوى ميتابوليزم مما يؤدي إلى تشويش confusing معلومات ميتابوليزم السمك المحسوبة على أساس النسبة التنفسية .

وعموما فقد وجد ارتباط شديد بين معدل الميتابوليزم ( استهلاك الأوكسجين ) ومعدل بناء البروتين ، فهناك علاقة بين استهلاك الأوكسجين والزيادة في الوزن الجاف والزيادة في البروتين الجسمي .

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

ولحساب وزن الجسم الميتابوليزمي يستخدم معامل كليبر Kleiber Coefficient ٠,٧٥ . لو وزن الجسم بالكليوجرام لنوات الدم الحار ، بينما في الأسماك يتوقف على حجم السمك وحالته الغذائية وقد قدر في عدة أنواع على أنه ٠,٨٨ .

ولقد طورت موازين التنفس أو غرف الميتابوليزم كثيرا ، ومنها ما يتسع لصغار الأسماك أو البالغ منها ،

ومنها ماشكته أنيوي دائري أي إسطواني أو في شكل متوازي مستطيلات ، ومنها مايسمح بحركة السمكة ، ومنها مايجعل السمكة في حالة راحة وثبات ، وفيها يقدر استهلاك الأوكسجين والغذاء وإخراج الأمونيا وثاني أكسيد الكربون والنوت ، ومنها يتعرف على الميتابوليزم بتواضعه ( الأساسى ، النشط ، الفعل الديناميكي النوعى ، النمووموازن الطاقة والنيتروجين ) .

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

$$\text{إجمالى الفقد الحرارى بالچول} = 11,18 \text{ ( استهلاك الأوكسجين مجم )} + 2,66 \text{ ( ثانى أكسيد الكربون الناتج مجم )} + 9,55 \text{ ( الأمونيا الناتجة مجم )}$$

وأيضا من استهلاك الأوكسجين يمكن تقدير الفقد في صورة أمونيا لأن كل مجم أوكسجين يستهلك لأكسدة البروتين يصاحبه 2,7 چول فقد في الأمونيا ، فلو قدر الأوكسجين المستهلك في أكسدة البروتين بالمليجرامات وضربت في 2,7 نحصل على الطاقة المفقودة في الأمونيا بالچول ( ويقسمتها على مكافئ طاقة الأمونيا 20,5 چول 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 في التالى :

١ - عوامل متعلقة بالسمك : فالأسماك آكلة اللحوم لها احتياجات أعلى ( من أكلة العشب ) للطاقة وأسماك المياه الدافئة معدل ميتابوليزمها أعلى عنه في أسماك المياه الباردة والأسماك الأصغر حجما ( وعمرها ) لها مسطح ميتابوليزمى أكبر مما في الأسماك الأكبر مما يستلزم احتياجات للطاقة أعلى لارتفاع معدل ميتابوليزمها عنة في الأسماك الأكبر ، وكلما ازداد نشاط السمك تزيد احتياجاته للطاقة لزيادة معدل تنفسه ، وبالنشاط الجنسي 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 يبذل الطاقة في نشاط السمك ، كما أن شدة تيارات المياه أو ركود الماء وتلوثه وخفض الأوكسجين والتلوث العضوى ، كلها صور للضغوط المؤثرة على السمك واحتياجاته للطاقة .

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

$$\text{الطاقة المهضومة بالكيلوچول} = 24,7 \times \text{بروتين العليقة} + 36,4 \times \text{دهون العليقة} + 16,7 \times \text{كربوهيدرات العليقة} .$$

$$\text{الطاقة الصافية بالكيلوچول} = 11,2 \times \text{بروتين العليقة} + 44,7 \times \text{دهون العليقة} + 12,5 \times \text{كربوهيدرات العليقة} .$$

## تكوين علائق الأسماك :

تعد الأسماك من بين الحيوانات الأكثر كفاءة في تحويل الغذاء إلى بروتين حيوانى، مما يجعل للأسماك مكانة هامة في تغذية الإنسان ، خاصة وأن الأسماك احتياجاتها الحافظة ضئيلة نسبياً ( لتماثل درجة حرارة أجسامها مع درجة حرارة الماء ) فالتراوت يحتاج لتمثيلة الأساسى ٥٥ كيلو جول / كجم وزن حى بينما الخنوص يتطلب ٢٩٢ كيلو جول / كجم وزن جسم أى أن السمك يتطلب حوالى سدس ما يتطلبه الخنزير من طاقة حافظة مما يجعل 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 الحسائية أو الحاسبات الآلية المبرمجة بمواد العلف المتباينة المتاحة وأسعارها وتركيبها الكيماوى ، واحتياجات السمك من المغذيات المختلفة فى العليقة.

وفى كثير من الدول الآسيوية كاليهنوتاييلاند والفلبين تدخل مخلفات الأرز ( رجيع ، كسر ، حرمة ) كأساس فى العلاقة المختلفة للأسماك فى المياه 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 :

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

وتوضع العلائق فى ١ - ٢ موقع / فدان من مساحة المزرعة ، وكل موقع بمساحة ١ م<sup>٢</sup> 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 في الوظائف الميتابوليزيما 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 يؤدي إلى أنيميا تكون فيها خلايا الدم شاذة منكسرة fragmented ومتعددة wrinkled وغير ناضجة immature وتسمى هذه الحالة Indistinguishable macrocytic megaloblastic anemia . إذ يؤدي نقص فيتامين (B12) إلى خفض مستوى نشاط إنزيم تخليق الميثيونين وبالتالي نقص وظيفى للفولات . والنقص المركب فى كلا الفيتامينين فى السمك تأثيره متضاعف فى إظهار الأنيميا بسرعة وشدة . كذلك تداخل حمض الاسكوربيك 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 الاسكوربيك على حماية فيتامين (E) فى الغذاء وفى أنسجة السمك . وإن نفت نتائج الأبحاث الحديثة هذا التداخل بين الفيتامينين فى القراميط والتروات.

### ثانياً : تداخلات الفيتامينات والمعادن :

ترتبط بروتينات بكل من الدي هيدروكسى كوليكا الميفيرول والكالسيوم فى خياشيم السمك مما يدعو للإشارة لوجود علاقة لهذا المشتق الفيتامينى فى امتصاص كالسيوم الماء فى السمك . وبلت 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 .سمى ، وأنها تزيد كالسيوم الدم عند حقنها فى السمك ، وتؤثر كذلك فى غدة Ultimobranchial (المفرزة لهرمون الكالسيتونين) وجسيمات Stannius (المفرزة لهرمون الهيوكالسين) 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) والسليسيوم فعل مشترك فى تغذية الأسماك ، فكلاهما يعملان على حماية الأغشية البيولوجية من أكسدة الليبيدات من خلال إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز (بفعل السليسيوم) وإزالة الأصول الحرة (بفعل فيتامين E) فى علائق التراوت والقرموط . ويؤثر نوع السمك وعمره على هذا التداخل، ونظراً لارتباط احتياجات السمك من فيتامين (E) بمستوى دهن العليقة وحالته (أكسده) ودرجة حرارة الماء ، فهذه العوامل بالتالى تؤثر على تداخل فيتامين (E) والسليسيوم 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 إخراجة.

ونقص حمض الأسكوربيك فى العليقة يخفض مستوى الحديد فى السيرم وكذلك يخفض من الهيموجلوبين والهيماتوكريت فى القراميط والتراوت وأسماك رأس الأقمى ، 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 تخزين العليقة وعدم ثبات حمض الأسكوربيك بها وليس لتداخل بين الفيتامين والحديد مباشرة .

### ثالثاً : تداخلات المعادن بالمعادن :

#### ١ - كالسيوم - فوسفور :

يمكن لكالسيوم الماء أن يمتص بسهولة عبر طلائية الخياشيم للسمك ، فقد قدر أن كلا من المبروك والتراوت 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 كثيراً عن احتياجات الحيوانات المستأنسة الأخرى والتي تتراوح ما بين ١ ، ٠ و ٢٧ ، ٠ ٪ من العليقة

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

الماء في السمك ، علاوة على أن مستويات فوسفور الماء منخفضة جداً ( أقل من ٠.٠٠٢ جزء / مليون)، وهذا هو أول عامل غذائي محدد في البيئة المائية . لذلك فإن احتياجات السمك من الفوسفور ينبغي أن تشبع كلية من العليقة . وتبلغ احتياجات الفوسفور ٠.٢٩ - ٠.٨٠ ٪ في 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 التي تشير إلى عدم تأثير مستوى كالسيوم العليقة على احتياجات الفوسفور للقراميط والمبروك والتروت . ورغم ذلك فتشير التقارير إلى وجود نسبة مثلى بين الكالسيوم والفوسفور في 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 الاختلافات هذه بين الأنواع ، فإنه يبدو أن نوع السمك وعمره وتركيبه العليقة وكيمياء الماء كلها تؤثر في الاحتياجات من المعدنين والنسبة بينهما . وفي بحث حديث أشار إلى أن نسبة امتصاص الفوسفور في 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 حوالي ٧٧ ٪ . ولكن عموماً يصعب تقدير معامل امتصاص الفوسفور ، كما أن مثل هذا الانخفاض المفروض أن يؤثر في النمو والاستجابة الفسيولوجية للسمك .

ب - ماغنسيوم - كالسيوم ، ماغنسيوم - فوسفور :

عرفت نسب الماغنسيوم إلى الكالسيوم ، والماغنسيوم إلى الفوسفور في تغذية الطيور والثدييات ، وعلى أساس هذه النسب فيبدو أن احتياجات الماغنسيوم للحيوان تتوقف على تركيز الكالسيوم والفوسفور في العليقة . وتتباين احتياجات ماغنسيوم الأسماك ( ٠.٤ - ٠.١٢ ٪ ) في العليقة على حسب نوع السمك . وكما هو في الحيوانات المستأنسة ، فإن نقص الماغنسيوم يؤدي إلى تكلس الكلى *Nephrocalcinosis* or renal calcification .

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

ج - نحاس - زنك :

يوجد تداخل بينهما في تغذية الطيور والثدييات ويعتقد أنها علاقة تضاد *antagonists* لتشابه طبيعتهما من حيث التكافؤ ، مما يسمح لهما بالتنافس للارتباط بالبروتينات المشتركة في امتصاص المعادن وتخليق الإنزيمات المعدنية *Metalloenzymes* . والمعروف عن هذا التداخل أنه في السمك قليل . فقد اقترح وجود علاقة تضاد بين الزنك والنحاس في التروت ، خاصة في العلائق التي 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 التراوت 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 للسّمك . فقد يمكن إثبات أن التراوت ربما ببساطة تأقلم على زيادة نحاس العليقة وتضاده بالزنك بزيادة امتصاص زنك الماء . عموماً فإن وجود نقص الزنك في السمك ربما يشير إلى أن امتصاص زنك الماء عبر الخياشيم عادة غير كاف لإشباع احتياجات السمك من الزنك .

#### د - سـلـنـيـوم - نحاس :

أهم نور للسـلـنـيـوم أنه أحد مكونات إنزيم الجلوتاثيون بيروكسيداز (  $GSH - P_x$  ) ومن ثم فيعرف بأنه مضاد أكسدة . وقد أشارت مختلف الدراسات كذلك لوظائف السـلـنـيـوم البيولوجية الأخرى . والسـلـنـيـوم يتداخل مع عدد من المعادن كالزئبق والكبريت والزنك والزنثيق والكادميوم . وبعض هذه التداخلات لها فعل مضاد أو معقدة جدا كما في حالة تداخل السـلـنـيـوم والزنثيق .

وتوجد علاقة موجبة قوية بين سـلـنـيـوم ونحاس الكبد في التراوت والسالمون كما ثبت وجود علاقة ميتابوليزم مية بين سـلـنـيـوم العليقة ونحاس الماء في التراوت، حيث كل من العنصرين يبدو تغييره لسمية الآخر، وما زالت كيفية خفض السمية وهذا التداخل غير مفسرين . وتسجيب مستويات ميتالوثيونين الكبد  $Liver\ Metallothionine$  لمستويات نحاس الماء ، ولا تتأثر بالمعدلات الغذائية بالسـلـنـيـوم في التراوت . وهذا يشير إلى أن زيادة تحمل التراوت للنحاس عند ارتفاع سـلـنـيـوم علائقها لم يبد رجوعه إلى زيادة تخليق الميتالوثيونين . ولم تظهر تأثيرات معنوية للمعاملات علي نسبة وزن الكبد  $Liver : body\ weight\ ration\ (L\ B\ W)$  ( وزن الكبد / وزن الجسم  $\times 100$  ) ، ولا على محتوى زنك الكبد للتراوت . وقد لوحظ تكلس الكلى  $Renal\ calcinosis$  في حوالي ٧٧٪ من التراوت المغذى على عليقة مرتفعة السـلـنـيـوم عند مستوى نحاس ٤ ، ٠ 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 المربي على مستوى عال من سـلـنـيـوم الغذاء على مستوى نحاس ماء ١٣٧ ميكروجرام / لتر . أى أن تداخل السـلـنـيـوم والنحاس يخفض من وفرة السـلـنـيـوم والنحاس ( النشط ميتابوليزميا ) في السمك . والعلاقة الموجبة بين سـلـنـيـوم ونحاس الكبد يعتقد أيضا أنها نتيجة ارتباط المعدنين معا لتكوين معقد سـلـنـيـوم - نحاس ، وإذا كان هذا الفرض سليما فإن هذا التداخل يكون له آثار أبعد من مجرد التأثير على سمية النحاس والسـلـنـيـوم في السمك مثلا إذا كانت مستويات نحاس الماء عالية لكن غير سامة ، فبينيبي إحداثها نقص سـلـنـيـوم في السمك حتى ولو كان مستوى سـلـنـيـوم العليقة طبيعيا أو كافيا . وهذا ربما يفسر بعض الاختلافات بين الأنواع الملاحظة نتيجة تداخل فيتامين (E) والسـلـنـيـوم في السمك .

## رابعاً : تداخل المغذيات الصغرى - تركيب العليقة :

### أ - الثيامين - كربوهيدرات :

عوامل تركيب العليقة كجودة وكمية البروتين بمصدر ومحتوى الطاقة يمكن أن تؤثر معنوياً على الاحتياجات والميتابوليزم لمعظم المغذيات . وبالنسبة للثيامين ، فإنه معروف في تغذية الحيوانات الأليفة ، إن الدهن والبروتين يظهران تأثيراً موهراً للثيامين عند إحلالها محل الكربوهيدرات في العليقة بنفس القيمة الحرارية . وعند دراسة تداخل الثيامين بتركيب العليقة ( عالية الكربوهيدرات وعالية الدهن ) في التراوت ، فلم يلاحظ أى تأثيرات معنوية لتركيب العليقة على احتياجات الثيامين ، ولا على نشاط إنزيمات الترانس كيتولاز في 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 والنقص بدرجة أسرع من الميتابوليزم الثيامين في التروت ، رغم عدم مقدرة قياس ميتابوليزم الثيامين المتزايد بالمقاييس الفسيولوجية المستخدمة لقياس حالة الثيامين في التراوت ، وقد لوحظ أخيراً أن مستوى بيروفوسفات الثيامين (TPP) في أنسجة التراوت تعطى تقديراً أدق لحالة الثيامين في التراوت عن المقاييس الأخرى مثل الترانس كيتولاز في 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) . ولقد توقع زيادة احتياجات السمك من فيتامين (B6) لزيادة احتياجاتها البروتينية عن معظم الحيوانات الأليفة الأخرى . وكما هو في الحيوانات الأخرى ، فنقص فيتامين (B6) يؤدي إلى نقص نشاط الإنزيمات الناقلة لمجاميع الأمين (aminotransferases (GOT & GPT في العضلات والكبد والبلازما في السمك . ورغم زيادة الاحتياجات من البروتين الغذائي للسمك ، فإن احتياجات السمك من فيتامين (B6) يبدو أنها ليست أعلى عنها للحيوانات الأليفة الأخرى .

وقد أظهرت أسماك التراوت أعراض نقص البيريدوكسين في 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 القومي (NRC) ) يتطلب احتياجات أعلى من فيتامين (B6) ، وإن لم تظهر هذه العلاقة في أسماك السالمون . وقد يرجع ذلك إلى انخفاض بروتين العلائق المستخدمة ( عن NRC ) ، وهذا قد يفسر الاختلاف في النتائج وهذا يتطلب مزيداً من الدراسة ، خاصة على الأنواع التي تتطلب مستوى عالياً من بروتين العليقة ( خاصة في عليقة البادئ starter-type diet عنه في علائق النمو والحفظ ) ونظراً لارتباط فيتامين (B6) في الحيوانات

الآليفة 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.

### ج - فيتامين (E) - الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع :

هناك علاقة ثابتة واضحة بين احتياجات فيتامين (E) والأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع فى الحيوانات الآليفة . 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 ليس غريباً أن يسجل زيادة الاحتياجات من فيتامين (E) ( كما لوحظ كذلك من تجارب على الحيوانات الآليفة الأخرى ) بزيادة مستوى الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع فى العليقة . وقد يرجع ميكانيك هذا التداخل إلى افتراض الفعل الفسيولوجى المضاد للأكسدة لفيتامين (E) بارتباطه بالأغشية ، وهذا الافتراض ثم التأكيد 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 ) ، وتمائلها 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 والفيتامين (E) فى السمك ، مما يشير إلى اشتراك فيتامين (E) فى ميتابولزم 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 والميتابولزم 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 - فيتامينات :

يتأثر المتاح بيولوجياً 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 شئ 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 بخلوط معادن إضافية ( للإمداد بفوسفات كالسيوم ، فوسفات صوديوم ، بيكربونات صوديوم ، كربونات بوتاسيوم ) . لقد كانت المعادن الساندة فى

هذا المخلوط هي الكالسيوم والفوسفور ، والتي يقترح مسئوليتهما عن إثارة خفض المتاح بيولوجيا من الزنك، وقد ثبت ذلك بالفعل في التراوت. والميكائزم المقترح لهذا التداخل هو تكوين راسب غير ذائب من الكالسيوم والفوسفور والزنك يعميق امتصاص الزنك . إلا أن زيادة مستوى أى من كالسيوم أو فوسفور الطليقة كل على حدة لا يحدث نقص الزنك ولا يكون مياه العين ( عتامة عتمة العين ) . ويبدو أن هناك عوامل غذائية أخرى ينبغي وجودها لإحداث نقص الزنك في السلمونات .

إن وجود الفيتات في علائق التروت بتركيزه ٥ . ٠ ٪ لا يبدو 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 بمعدنية الإتاحة البيولوجية للزنك في السلمون ، وإن لم تظهر مياة العينين إلا على المستويات العالية من الفيتات ( ٥٨ ، ٢ ٪ ) ، وهي أعلى كثيراً من المستوي الطبيعي ( ٥ ، ٠ ٪ ) في علائق السمك . وزيادة كالسيوم ( ١ ، ٥ ٪ ) الطليقة يثير تأثيرات فيتات الطليقة على إتاحة الزنك بيولوجيا وتكوين مياة العين في السلمون ويبدو تكوين معقد من الكالسيوم والزنك والفيتات في 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 ( ٤٤ مجم / كجم ) أعلى من احتياجات السمك ( قراميط ) من الزنك ( ٢٠ ) مجم / كجم طليقة ) ، لأن فيتات الطليقة ( ١ ، ١ ٪ ) يؤثر سلبياً على المتاح بيولوجيا من الزنك في علائق القراميط .

obeikandi.com

## الفصل الرابع أجهزة التنفس والإخراج Respiration and Excretion Systems

### التنفس

ويقصد به التبادل الغازي بين الماء ( أو الهواء ) وسوائل الجسم ويطلق عليه التنفس الخارجي ، ثم التبادل الغازي ما بين سوائل الجسم والخلايا المختلفة ويطلق عليه التنفس الداخلي ، وذلك للقيام بعمليات الأكسدة البيولوجية في الخلايا - ويطلق عليها التنفس الخلوي . والتنفس تقوم به في الأسماك عدة أعضاء هي :-

#### ١ - الرئة :

هناك أسماك ثنائية الرئة *Lepidosireniformes* إفريقية وأمريكية جنوبية متطورة للمعيشة في المستنقعات شديدة الانخفاض في الأوكسجين ، إذ لها القدرة على استخدام أوكسجين الجو ، فخياشيمها مختزلة وغير نشطة نسبيا ، ويجفاف المستنقعات تتمكن هذه الأسماك من التشرنق بالمخاط في حفرة في القاع الطيني وتكمن بداخلها عدة شهور دون نشاط لحين سقوط الأمطار حتى ولو بعد ٤ سنوات . وهناك أسماك رئوية ثانوية *Dipnoi* لها رئة واحدة تنتشر في استراليا وهي من نوع *Neoceratodus fosteri* ، وهي تستطيع الاستفادة من أوكسجين الماء ما لم يكن الماء راكدا تماما وهي غير قادرة على البيات الصيفي ( التشرنق وعدم النشاط ) لذا تنتشر في الأجسام المائية الدائمة . والأسماك الرئوية أكثر انتشارا في المناطق الحارة عنها في المناطق الباردة ، وأكثر شيوعا في المستنقعات الاستوائية . وهذه الأسماك تتنفس الهواء الجوي اختياريا ( رغم وفرة الأوكسجين في 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 تحصل على حوالي ٩٠٪ من الأوكسجين اللازمة لها عن طريق الهواء الجوي بمساعدة الرئات حتى ولو كانت المياه جيدة التهوية ، فرغم ذلك يخرج معظم ثاني أوكسيد الكربون ( ٦٠٪ ) أساساً عن طريق الخياشيم .

#### ٢ - الجلد :

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

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

### ٣ - أعضاء أخرى غير أساسية

كما تحور الجلد لامتماص الأوكسجين ، فهناك أسماك تبدي تحورات في الرأس أو الجسم لنفس الغرض ، فقد تتطور خياشيم شعبان السمك الأمريكي الجنوبي ببقائها منتشرة عند غياب الماء فتشكل سطحا تنفسياً . وفي شعبان السمك الكهربى يتحور تجويف الفم والبلعوم للامتلاء والتفريغ للهواء لأنها متنفسة الهواء . كما يحصل المبروك العادى على فقائيع هواء يمتص أوكسجينها بجزء فى متخصص وذلك عند انخفاض تركيز الأوكسجين فى الماء . وقد تمتد أكياس أعورية تملأ بالهواء فى جدران البلعوم ( أسماك رأس الشعبان ) أو كتحور فى الأقواس الخيشومية ( قربوط ) 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 كمضوتنفسى . كما فى شعبان المستنقعات . وتتنفس كثير من أسماك القرموط المدرعة عن طريق الأمعاء التى يستخدم جزء منها كرنة . وأكلات الطين من الأسماك تتنفس معوياً 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 كموامل 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 جانبي 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 ( ٢٪ من أوكسجين الهواء الجوى ) ، نظرا لكبر المساحة التنفسية على الخياشيم التى 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 أولاً ليندفع إليه الماء ثم ينقبض تجويف الفم مع إنبساط التجويف الخيشومي لدفع الماء إلى الخياشيم ويتم تبادل الغازات ، وتستمر الدورة باستمرار . وقد ينعكس اتجاه هذه الحركات لتطرّد 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 بطيئاً وعميقاً كما فى الأسماك ساكنة القاع وفيها يكون حيز الخياشيم قوياً وقابلاً للامتداد ، بينما فى الأسماك سريعة العوم كالسالمون تكون هذه القاعدة معكوسة أى حيز الخياشيم صغير . فسمك الضفدع له مساحة مسطح خياشيم ١٦٠ سم<sup>٢</sup> / جم سمك بينما الماكريك ١٠٤٠ سم<sup>٢</sup> / جم والتونة ٢٠٠٠ سم<sup>٢</sup> / جم سمك ، ومعظم الأسماك العظمية فى حدود ( ١٥٠ - ٢٥٠ سم<sup>٢</sup> / 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 كفايته حوالى ٥٠ ٪ .

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

سمك سالمون		سمك شعبان		
١,٨	٦,٨	٢,١	٦,٦	محتوى ماء التنفس من الأوكسجين مل / لتر
٢٢٥٠	٥٥٦	٧٩٢	٨٩	حجم الماء المتجدد بالتهوية مل / كجم / ق
٢١,٢	٦,٩	٢٢,٨	٥,٦	حجم الشهيق مل / كجم
١٠,٧	٨٠	٢٢	١٦	تكرار التنفس مرة / ق
١٨	٣٥	٥٢	٨٢	استفادة الأوكسجين من ماء التنفس ٪
١,٠٥	١,٢٧	٠,٨٢	٠,٤٨	استهلاك الأوكسجين مل / كجم / ق

ويصل تركيز أوكسجين دم السمك إلى ٢٥ ضعف تركيزه في الماء ، وهذا يستلزم طاقة كبيرة لتكوينه ، ووجود تلوث عضوى في الماء يزيد الطاقة المبذولة لتركيز الأوكسجين والاستفادة منه ، ونقص أوكسجين الدم يزيد سرعة تيار الدم في الصفائح الخيشومية مما يفجر طلائيتها وتصير معرضة للفزو الميكروبي 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 في السمك الصغير . وتحت ظروف انخفاض الأوكسجين المذاب وارتفاع درجة الحرارة وزيادة حجم التنفس تنخفض الاستفادة من الأوكسجين إلى ١٠ - ٢٠ ٪ من الأوكسجين المذاب في 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 بانخفاض 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 ورنويا ، أى يمكن إحداث التبادل الغازى في نفس نوع السمك بأكثر من طريقة معا .

## الإخراج

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 في 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 .

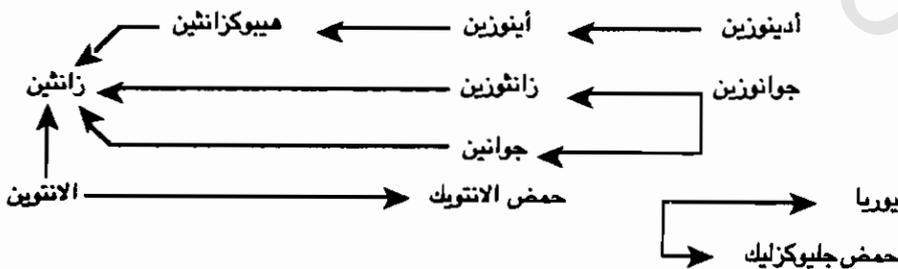
وتخرج الكلى ( عن طريق البول ) فى الأسماك البحرية كميات كبيرة من مركب ثالث ميثايل أمينو أوكسيد Trimethylaminoxid ( TMAO ) وهو مركب ذائب وغير سام ( ويوجد كذلك فى عضلات الأسماك البحرية ) ويفعل البكتيريا تتحرر منه مركب ثالث ميثايل أمين (TMA) المميز لرائحة أسماك البحر الميتة، ومركب TMAO مصدره خارجى أى من العوالق الحيوانية التى تحتوى على هذا المركب بتركيز عال . وتقوم الكليتان ( أو الجهاز البولى ) بإخراج الماء ونواتج الميتابوليزم عموما .

والجهاز البولى فى الأسماك معقد ومتغير 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 أوبىما ورشح مع تكثف واندماج الصفائح الخيشومية مؤدية إلى موت السمك بتأثير الاختناق Asphyxiation . لذلك تتحمل الأسماك تركيزات عالية من الأمونيا الناتجة من فضلات أزوتها بسرعة 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 كنتاج 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 :



adenosine deaminase , guanosine deaminase , nucleoside phosphorylase , guanase , xanthine oxidase , uricase , allantoinase & allantoicase

بعض الأسماك العظمية البحرية لا تظهر قنواتها الكلوية فى نهايتها أى جسيمات ملبىجى ، 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 ، ينما يكون تركيز الكلور ضئيلا جدا فى البول . وتخرج الأسماك كذلك بارا أمينو حمض الهيبيوريك P-aminohippuric acid وغيرها عن طريق الكلى إلا أن البول دائما خال من الجلوكوز ( حتى مع ارتفاع تركيزه فى البلازما ) والأيونين .

تستخرج الأسماك العظمية حتى ٩٠ ٪ من الأزوت الخارج من الميتابوليزم عن طريق ثلاثية 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 القرزية iridocytes فى الجلد وفى أشكال مختلفة كذلك فى شبكية ومشيمة العين .

## الضغط الأسموزي

تقوم الكلى بترشيح سائل الدم من فضلات وإخراجها فى البول ، فالكلية 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 الأسماك 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 غد 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 الأسموزي . 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 ثلاثية خياشيم أقل نفاذية ، لذلك ترفع محتوى الدم من اليوريا ليمائل فى أسموزيته أسموزية ماء البحر . فتقوم الأسماك بالاحتفاظ باليوريا ولا تخرجها كلها حرصا على التنظيم الأسموزي حتى لا تجف أجسامها بارتفاع ملوحة الماء ، بينما تخفض من تركيز

يوربا جسمها إذا إنتقلت إلى ماء أقل ملوحة . إلا أن السمك لا يحتمل اليوريا كثيرا ، إذ تؤدي 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 :

الحيوان	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 عالية التركيز
ثدييات	لا تشرب ماء البحر	أقل	أعلى	بول عالية التركيز جدا

ويعبر عن التنظيم الأسموزى بالأوزمول Osmole ( جرام جزئى / لتر (كجم ) ماء ) فواحد مول كلوريد صوديوم / كجم له ٢ لوزمول . 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 :

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

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

فالتركيز الأسموزى لدم الأسماك فى المياه العذبة يقع ضمن الحدود العالية للأسموزية ( ٢٦٥ - ٣٢٥ مللى أوزمول / كجم ) فلا بد لها من منع تخفيف الدم بانتشار 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 اندم ، وكذلك دور الخياشيم فى امتصاص الماء .

دماء الأسماك البحرية لها تركيز أسموزى ( أقل منه ماء البحر المالح ) ٣٨٠ - ٤٧٠ مللى أوزمول / كجم ، ويقوم 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 دمانها 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 وفسيوولوجية 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 Succinic dehydrogenase (  $Na^+/K^+-ATPase$  ) triphosphatase ويزيد نشاط إنزيم (SDH) الميتوكوندريا كذلك كمرقم بيوكيماوى آخر لنشاط الميتوكوندريا ، 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  $Na^+ / K^+ - ATPase$  ، كما قد تزيد العمليات الأخرى المطلوبة للطاقة كما فى نقل الأيونات شحنة التكافؤ بواسطة إنزيم  $Ca^{++}/Mg^{++} - ATPase$  الذى ينشط بالنقل إلى الماء المالح وزيادة الحاجة لإنتاج الطاقة فى خلايا الكلوريد .

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

٣ - **الكللى** : لها أسلوبها فى هذا التنظيم ، إذ بانتقال الأسماك ( السالمون مثلا ) إلى الماء المالح يصاحب ذلك انخفاض معدل الترشيح الحبيبي للكللى مما يخفض من معدل التبول لحفظ ماء الجسم وينخفض نشاط إنزيم  $Na^+ / K^+ - ATPase$  فى الكللى كوسيلة لحفظ ماء الجسم من البيئة المالحة كما حدث كذلك من الأمعاء والخياشيم . فالكللى 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 :

١ - **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 أيودوثيرونين (  $T_3$  ) فى البلازما . وقد وجد أن تنبيه الدرقية يحدث فى الماء

العذب أكثر منه في الماء المالح رغم أهمية وظيفة الدرقية لنجاح التنظيم الأسموزي في أسماك الماء المالح .

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

ج - **البرولاكتين** Prolactin : له دور أساسي في التنظيم الأسموزي في الماء العذب مع حفظه لمستوى بلازما الصوديوم والكلور . ويقال نشاط خلايا إيتا Eta المفرزة للبرولاكتين في النخامية بزيادة ملوحة الماء ( للسالمون ) .

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

يزداد نشاط سوماتوتروبينات النخامية ( الخلية 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 في الزريعة ( للسالمون ) ، بينما تخفض في الأعمار الأكبر . كذلك ميثيل تستوسترون يؤدي إلى زيادة معدل نمو الزريعة ( السالمون ) في الماء العذب ، ويثبط النمو للعمر الأكبر في الماء المالح . ولما لوحظ من تثبيط في نشاط إنزيمي  $\text{Na}^+ / \text{K}^+ - \text{ATPase}$  & SDH في الخياشيم للذكور الناضجة مع زيادة مستوى تستوسترون البلازما ، فهذا يدعو للاعتقاد بتداخل ستيرويدات الجنس مع نشاط الإنزيمات المهيمنة على التنظيم الأسموزي .

هـ - **أجسام إفرازية داخلية أخرى** Other endocrine bodies : فالجسم الأصفر يزيد من نشاطه الإفرازي في أثناء الأقامة على الماء المالح وكاستجابة للتغيرات البيئية كمستويات الكالسيوم والصوديوم ، وربما يلعب الجسم الأصفر دورا في تنظيم الخياشيم في النقل الأيوني ، فإزالة الجسم الأصفر من ثعبان السمك أدى إلى تضخم وزيادة عدد خلايا الكلوريد وزيادة نشاط إنزيم  $\text{Ca}^{++} / \text{Mg}^{++} - \text{ATP ase}$  الخياشيم وزيادة

مستوى كالسيوم البلازما .

٥ - **المعادن الثقيلة Heavy metals** : إطالة فترة التعرض لآثار من التلوث بالنحاس تثبط

نشاط إنزيم  $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATP ase}$  الخياشيم وتعيق الأتلمة للماء ويحدث نفوق بمعدل كبير . كذلك

التعرض للكالسيوم يعيق التأقلم على الماء المالح ، ولوحظت تأثيرات مماثلة عند تلوث بيئة السمك بالرمصاص أو الزنك وغيرها من المعادن الثقيلة .

٦ - **زيادة حموضة الماء Low pH Waters** : تعيق النمو وتثبط نشاط إنزيم  $\text{Na}^+$

$\text{K}^+ - \text{ATP ase}$  وتقلل من تحمل الملوحة وتعيق القابلية لتنظيم أيونات البلازما .

٧ - **درجة الحرارة Temperature** : انخفاض درجة حرارة الماء لبعض الأنواع من الأسماك

يثبط نشاط إنزيم  $\text{Na}^+ / \text{K}^+ - \text{ATP ase}$  .

obeikandi.com

## 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 الذكر 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 الإناث أن الإناث لها غد 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 لارتفاع نسبة الجوناوترويين .

ويتطلب السلمون خفض مدة الإضاءة ليبدأ فى إنتاج السيرمات . 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 الأسماك متوسطة معدل النمو ، بينما الأسماك فقيرة النمو تنضج جنسيا متاخرا .

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 عد مرات أكثر منه فى الأسماك فقيرة النمو .

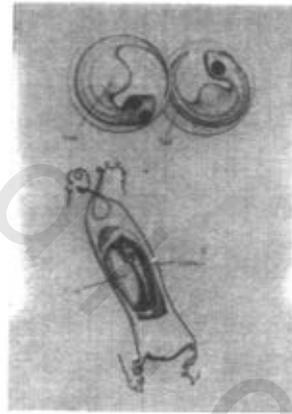
وتنتج الخصى الحيوانات المنوية بينما تنتج المبايض البيض . ومع الحيوانات المنوية تنتج إفرازات من الأنابيب المنوية وتشكل معا السائل المنوى Milt . ويختلف الحيوان المنوى شكلا باختلاف الأنواع كما

تختلف فى تركيبها 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 أبائها ، بينما البيض الذى لا ترعاه الآباء يكون غلاف البيض متقرنا لحماية البيض من الجفاف إذا انجرف نحو الشاطئ . وبيض الأسماك البحرية عائم بينما بيض أسماك الأنهار غاطس . وهناك بيض طاف غير ملتصق وبيض آخر غاطس له قابلية للاتصاق . والبيض وإن كان معظمه دائرى فيوجد بيض بيضاوى وبيض متطاوول وقد يحمل محاليل 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 .

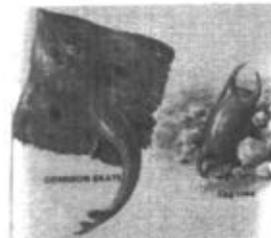
ورغم أن البلطى يبلغ ( ينضج ) جنسيا مبكرا عند عمر ٢ - ٣ أشهر للموزمبيقى ، ٧ شهور للرندالى ، ثانى عام للأوريا ، فهناك أسماك تنضج جنسيا فى عمر ٧ - ٩ سنوات لذكور الحفش

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



**أسفل :** بيض سمك الكلب يوضح تطور الجنين، لاحظ المحاليل .

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



و ٨ - ١٤ سنة لإنثائه ، حيث نمر 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 والقوايع ، أو مرة كل عامين أو كل عام ، أو ١-٢ دورة في العام ( مبروك عادى ) ، أو كل ٤ أسابيع ( الجوى ) . أو مرة واحدة في العمر في بعض الأنواع القليلة . ونفس النوع السمكى يختلف في عدد مرات وضع بيضه باختلاف الظروف البيئية ، فالمبروك يضع مرة واحدة في المناطق المعتدلة ( ٢٤ م صيفا ، ٦ ، ٣ 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 وانتحانها للجاذبية Geotaxis أو للضوء Phototaxis أو للكهرباء Electrotaxis أو للاتصاق Thygmotaxis أو للتيار Rheotaxis فتستجيب بصريا وكيمياويا مظهرة إشارات وسلوكا اجتماعيا بين الجنسين ينتج عنه تزامن وضع السائل المنوى 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 الأنبوية وحضان البحر تحمل نتاجاتها . وأسماك القرش الأزرق الصغيرة تتغذى خلال مشيئة كيس المح بينما أسماك أخرى كقرش مako تتغذى صغارها في الرحم على البيض غير المخصب .

والأسماك العظمية تضع عد 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 الهوائيم . 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 مختنثة ينتج ذات الفرد كل من السائل المنوي والبيض . والذكور تحمل زوج كروموسومات مسنولة عن الجنس XY ، بينما الإناث تحمل XX باستثناء أسماك الجامبوزيا التي تكون فيها الذكور متماثلة الكروموسومات ويشار في هذه الأسماك للكروموسومات بالرموز W ، Z . وهناك من الأسماك ما يقوم بالإخصاب الذاتي ، وأسماك خنثى بطبيعة نوعها ، وأسماك خنثى في بعض الأنواع كحالات غير طبيعية . والفرق بين التلقيح الذاتي والخنثى أن الأولى تتضغ مبايضها وخصيها في أن واحد بينما الخنثى بعضها يكون ناضج المبايض مبكرا ، والبعض الآخر ناضج الخصى مبكرا ، أى تعمل بعضها كذكور في حين يكون البعض الآخر إناثا وينقلب الوضع ثانية ..

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

والتكاثر يأخذ شكلا مما يلي :

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

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

٣ - لا إخصابى Parthenogenesis وفيه ينشط الحيوان المنوي 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 في بعض أنواع القروش .

٢ - تكاثر ولادى بيضى Ovoviviparous وفيه تبقى البيضة المخصبة في 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 في وجود الماء ، ويفقد الحيوان المنوي حركته في الماء بعد ٥ - ٠ - ٠ ، ٢ دقيقة أى يصبح غير قادر على الإخصاب . ومعظم الأسماك في الماء العذب من واضعى البيض الذى ينمو تحت

**الأول :** وهو الأكثر انتشارا ، بأن يوضع البيض عشوائيا على مهد للتبويض Spawning beds ثم يلحق من ذكر أو أنثين ، ويترك لينمو ويققس بدون رعاية ، لذلك تضع هذه الإناث أعدادا كبيرة من البيض ( عدة آلاف كثيرة ) .

**الثاني :** تكون الذكور أعشاشا ممهدة للبيض ، وتقوم على رعاية البيض وصفار الفقس ، لذلك تضع الإناث فى هذه الأنواع ألقا 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 المبيض أو المفروض وضعه فى سنة . والخصوبة النسبية relative fecundity عبارة عن عد البيض لكل وحدة وزن جسم للسماك . 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 المكافئ 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 للسماك تمثلها العلاقة التالية :

$$F = aL^b$$

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

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

كذلك :

$$F = cW^d$$

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

حيث a , b , c , d ثوابت .

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

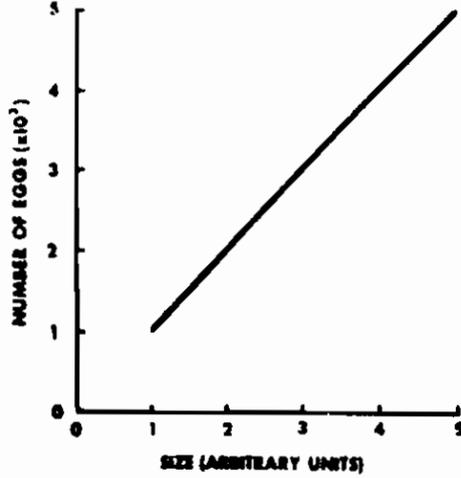
ويؤثر عمر السمك كذلك على الخصوبة ، وإن كان فى معظم الأنواع تتأثر الخصوبة بكل من حجم وعمر السمك . ولتحديد تأثير العمر يجب استبعاد تأثير الحجم ( طول ، وزن ) إحصائيا . وإذا جرى ذلك يكون تأثير العمر على الخصوبة ضئيلا أو معدوماً أو عاليا معنوياً حسب نوع السمك .. ففى أنواع البلطى هناك اتجاهها لخفض تكرارية 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 للتغيرات 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 القوايع *Cuckoo ray* بلغت الخصوبة ٩٠ بيضة فى السنة . ويرتبط حجم البيض بالنمو بملاقة لوغاريمية 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 مبيض الإناث فى أول موسم تناسك من عشيرة منخفضة الكثافة ( معدل التخزين ) كان أعرض معنوياً عنه فى حالة زيادة كثافة العشيرة ، ونفس الشيء بالنسبة لأبعاد المبيض الأخرى من طول وارتفاع ، فقد تأثرت بكثافة السمك فى المياه . وعموما فهناك ارتباط معنوى بين حجم المناسل ووزن المبيض وكذلك بين وزن المبيض ووزن الجسم الكلى . ولم يختلف معنوياً 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 مبيض المبروك الناضج جنسيا نوع من الامتصاص البطيء أدى إلى عقم تام لثلاثة مواسم وضع بيض على الأقل .

علاقة عدد البيض ( الخصوبة ) بحجم  
السماك ( نظريا )



والعوامل المحددة للخصوبة يمكن إيجازها فيما يلي :

#### ١ - الغذاء :

أهم عامل يبنى يحدد الخصوبة ، وعليه تزيد الخصوبة بزيادة حجم السمك أى بحسن تغذية السمك فتتمو لنجم 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 تؤدي 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 للقطع ووفرة الغذاء .

وفى حالة نقص طاقة الغذاء يحدث نوع من الإتران بين النمو الجسمى والجنسى . ولم يكن لمستوى العليقة تأثير على حجم المبيض ، وربما يعمل الكبد كمنظم بين المبيض 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 يؤدي إلى أن تبدأ الأنثى تناسلها فى حجم كبير ، وبالتالي تزداد خصوبتها فى كل مرة وضع بيض ، ثم يؤثر الغذاء فى اثناء موسم التناسل على 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 المشائر الطبيعية ، إلا أنه تحت الظروف التجريبية فالتحكم فى فترة الإضاءة يمكنها قصر أو إطالة موسم التناسل .

### ٤ - عوامل أخرى :

كالإصابة بالطفيليات والموتلات البيئية والتي تخفض بعضها من الخصوبة وتثبط نضج المبايض . وأسلوب التكاثر ذاته ، فأسماك الحفش تصل نسبة حيوية أفرادها حتى نور البلوغ أقل من ٠.٠٨ ٪ ، فالأسماك غير الحارسة لبيضها تجعلها يتعرض للتيارات المائية والتقلبات المختلفة فيهلك معظمه ومحصلة ذلك انخفاض الخصوبة للنوع . وتزيد الخصوبة الفردية بزيادة حجم السمك . وتقل الخصوبة فى الأنواع التي تتغذى على بيضها .

### مجهود التناسل : Reproductive Effort :

يعبر عنه بمحتوى طاقة البيض بالنسبة لمحتوى طاقة العلف المستهلك فى الفترة بين مرتين وضع بيض، وذلك كنسبة مئوية ، وقد يطلق عليها كذلك الكفاءة الكلية لإنتاج البيض . وطاقة البيض فى المتوسط ٤٨ ، ٢٣ 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 وسليبا 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 الإناث 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 .

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

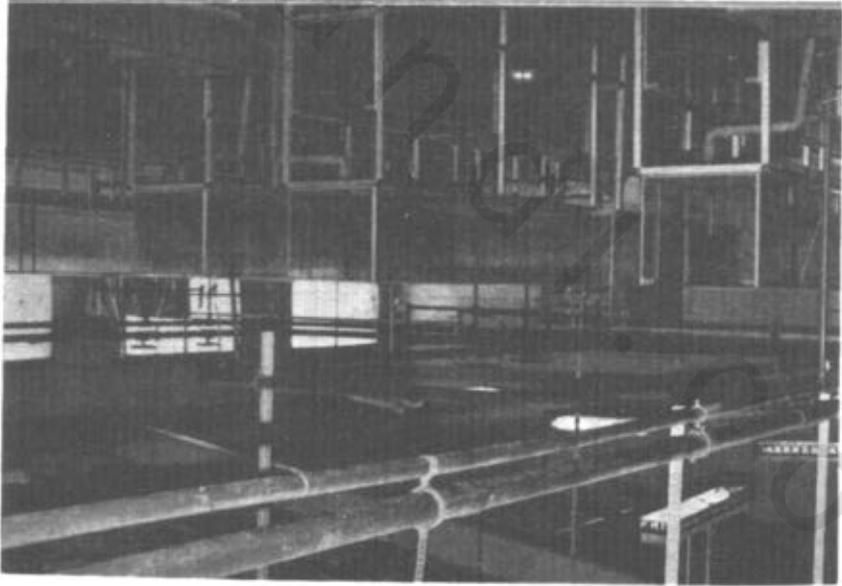
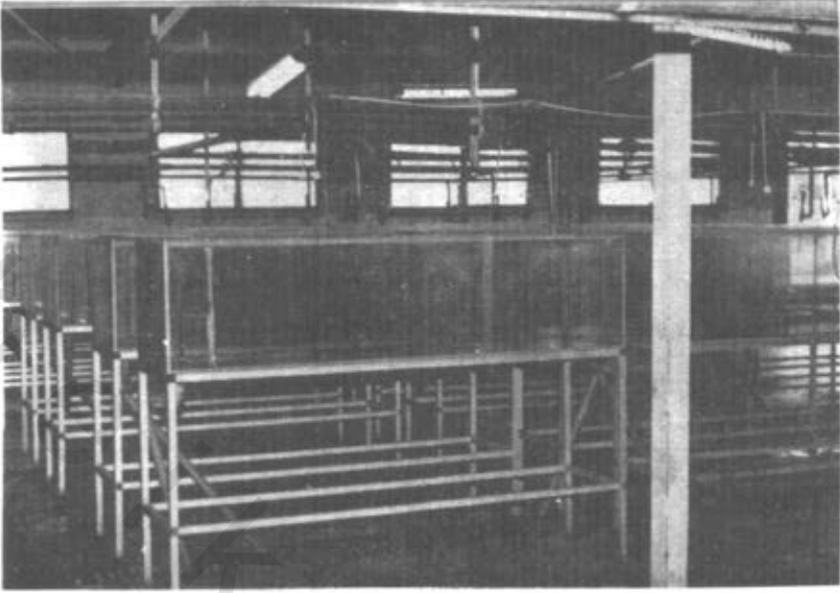
فى التركىز فى الخصى ، بينما يزداد الليسين والإيزوليسين فى كلا الجنسين .

يقبل محتوى الدهون فى المبيض فى مرحلة اكتمال التبويض ، بينما تظهر الأنسجة الأخرى زيادة معنوية فى المحتوى الدهنى ، ومرة أخرى يزداد المبيض فى محتواه الدهنى زيادة معنوية فى مرحلة عدم النضج عقب مرحلة اكتمال التبويض بينما يظهر النسيج الدهنى نقصا معنويا . ويزيادة حجم البيض ( لزيادة حجم السمك ) يزداد محتواه من الدهون ، بينما يبيض السمك الأصفر 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 . ويرتبط تركيز حمض الأسكوربيك فى المياض بدورة التناسل فيزيد خلال النمو الميكر للمبيض وتكوين بروتين البيض Vitellogenin ( من الكبد ) يليه انخفاض فى نهاية المراحل قبل التبويض . فيبلغ تركيز الفيتامين فى بيض المبروك ما بين ٩٢ و ٢٠٢ ميكروجرام / جم وزن رطب وفى البكلا ( القد ) ٨٠ - ٥٢٠ ميكروجرام / جم مما قد يجعل له دورا فى تخليق وتنظيم هرمونات الجنس والنضج الجنسي لإناث الأسماك . وتركيز الفيتامين 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 الفيتامين 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 العائمة 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 لبييض 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 ويعدد يتناسب مع الذكور ، فقد توضع ٢ أمهات لكل ذكر فى الحوض ( جيد صفات الماء واللزامة للتناسل ) وعادة تكون أحواض وضع البيض صغيرة المساحة ( ٢٥ - ٣٠ م<sup>٢</sup> ) أو زجاجية ، وأحواض الفقس Hatching تكون عادة أكبر من أحواض وضع البيض ( ٢٠ ضعف المساحة ) ومياهها جيدة التغذية .



أحواض زجاجية للتفريخ نصف الصناعي (طبيعي تحت السيطرة) في 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° بون فقد نشاطه الإخصابي . وقد تم تجريب ونجاح إجراء التكاثر الصناعي في بعض أنواع السمك ويجرى على مستوى تجارى في المبروك والسالمون وغيرها . والتكاثر الصناعي يعطى فرصة لبقاء الأنواع التي لا تتكاثر في الأسر أو بعيدا عن مواطنها الأصلية ، كما يساعد في إنتاج الأنواع المحسنة ، وفي مواجهة احتياجات الاستزراع السمكى وإثراء الأجسام المائية الطبيعية . ويتوقف التكاثر الصناعي على عدة خطوات هي :

١ - اختيار الآباء الناضجة .

٢ - الحقن بخلصة الفدة النخامية .

٣ - جمع السائل المنوي والبيض .

٤ - إخصاب البيض .

٥ - تحضين البيض المخصب .

٦ - رعاية اليرقات .

فتختار الأسماك الناضجة كبيرة الحجم المتمتع بصحة جيدة والتي قد تظهر عليها علامات الاستعداد لوضع البيض ، مثل استدارة البطن وطراوتها واحتقان الفتحة التناسلية واحمرارها مع عدم استواء حافظها، وقد تحتقن كذلك فتحة الشرج وقد تتلون البطن باللون الأحمر في بعض الأسماك النهريه ، 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 الظهريه من الزعنفة الصدرية ، وقد تطلق بعضها صوتا عند إخراجها من الماء .

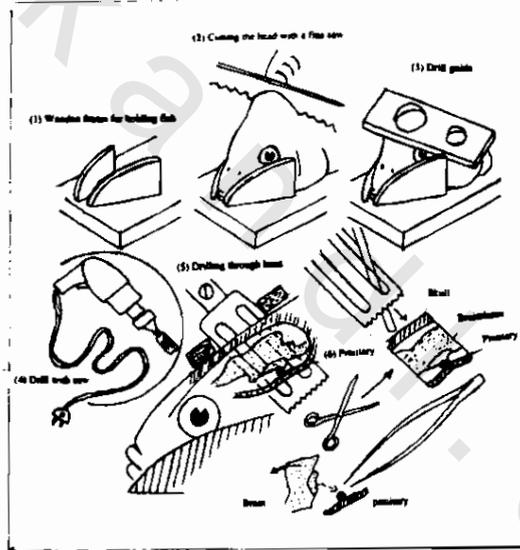
وقد لا تظهر الأسماك هذه الأعراض إلا بالتنبيه الهرموني ، لذا تحقن الأسماك (ذكورا وإناثا) بجرعة أو جرعتين من خلاصة النخامية ، وعادة يحقن السمك بجرعة مجزأة ٥٠ ، ٥٠ ، ٤٠ أو ٦٠ ، ٦٠ ، ٥٠ من الجرعة الكلية وبينهما ٦ - ٨ ساعات ، وقد تجزأ الحقنة إلى ٢ جرعات ١٠ ، ٢٠ ، ٦٠ أو ٢٠ ، ٢٠ ، ٥٠ من الجرعة الكلية بين كل منها ٦ ساعات . وقد طورت الهند والمجروأمريكا هذا الأسلوب وأنشأت بنكا للنخامية يطلب منه المستخلص في أى وقت . ويتوقف جرعة النخامية على حجم السمك كما تبينها العلاقة الثابتة التالية للمبروك :

القطر الأقصى للسمك سم	٢٨	٤٠	٤٢	٤٤	٤٦	٤٨	٥٠	٥٢	٥٤	٥٦	٥٨	٦٠
جرعة النخامية الجافة مجم / كجم وزن جسم	٣.٠	٣.٢	٣.٥	٣.٥	٤.٠	٤.٢	٤.٥	٤.٨	٥.٠	٥.٢	٥.٥	٥.٨

ويتم الحصول عادة على الغدة النخامية من أسماك ناضجة حية يفضل أن تكون من نفس نوع السمك المراد تناسله صناعيا ، ثم يتم تجنيس الغدة أو طحنها ، ثم استخلاصها بمحلول ملحي ( ٠.٠٧٣ ، ٠.٦ ٪ ملح طعام ) لمدة نصف ساعة لإذابة الهرمون ، ثم يتم التخلص من فضلات النسيج القوي بالطرد المركزي أو بالترسيب . وقد تجفف الغدة وتحفظ في الاسيتون في مجفف في أنابيب مغلقة وقد تحفظ الغدة في كحول مطلق على حرارة الغرفة أو في 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 للتنبية للتبويض ، مثل تهيئة المش 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 التنبية الهرموني قد تخاط الفتحة التناسلية الأنثوية لمنع نزول البيض . وبعد التنبية الهرموني للإناث والذكور تخدر الإناث ( بعد صيدها بشبكة مفتوحة الطرفين أو ملقف ) بوضع قطنة مبللة بالمخدر



### خطوات استخلاص الغدة النخامية من الأسماك

- ١ - عمل حاجز خشبى لزئق 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 .

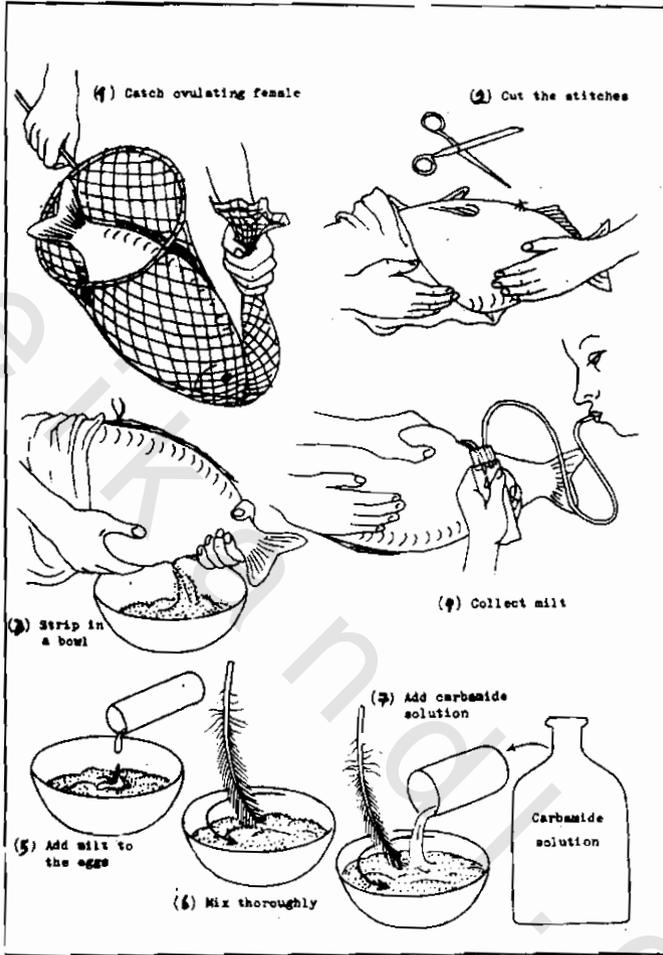
MS-222 فى الفم ، ثم تدلك البطن فى إناء ، سواء والأنتى موضوعة على منضدة أو ممسكة باليد وذلك بعد فك غرز الخياطة فى الفتحة التناسلية . كما يسحب السائل المنوى من الفتحة التناسلية للذكر ( بخرطوم رفيع يصل إلى زجاجة مسدودة ويخرج منها الطرف الآخر للخرطوم لسحبه بالفم ) أو بالتدليك لإنزاله على نفس أنية جمع البيض . 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 فى محلول تانين ( لترسيب البروتين لإزالة أغلفة البيض ) . ويقلب باليد ٣ - ٥ ثوان ، ويفسل 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 يفسل البيض المخصب فى معلق طمس لإزالة المادة اللاصقة كما فى بيض الحفش .

والسائل المنوى بدون تخفيف قد يحفظ على حرارة الغرفة يوم بخصوبة ٧٤ ٪ ، وعلى ١ م مدة ٤ أيام بخصوبة 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 ، وبالخففات 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
٢٨٢ - ١٤٠	٢٦٥ - ٧٨	٨,٨٠ - ٠,٠٥	٥٠ - ١	٥٥٢ - ٢٦٠	٧,٨ - ٥,١	١٢,٥ - ٠,٨	٨,٣ - ٧,٣

ويضاف السائل المنوى بنسبة ٥ - ١٠ ٪ من حجم البيض . وقد يتكون محلول الإخصاب من ٣٠ جم يوريا مع ٤٠ جم ملح طعام فى ١٠ لتر ماء ، ويستخدم بمعدل ٢ : ١ بالنسبة لحجم البيض الملقح . ومحلول التانين تركيزه ١٥ جم / ١٠ لتر ماء . وكثافة البيض المخصب فى 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 فى الحضانات يخفض معدل تدفق الماء بما لا يزيد عن ١ - ٢ لتر / دقيقة ويزداد تدريجيا . ويتم التحضين على ٢٠ - ٢٤ م فيفقس البيض فى ظرف ٤ - ٥ أيام للمبروك . وعند الفقس يكون فى أوانى مبطنه بقماش ناعم كالبرلون



### التكاثر الصناعي في المبروك العادي

- ١ - صيد الإناث البيوضة .
- ٢ - فتح غرز الخياطة التي سبق عملها في الفتحة التناسلية
- ٣ - ذلك البطن للحصول على البيض
- ٤ - جمع السائل المنوي .
- ٥ - إضافة المنى إلى البيض .
- ٦ - الخلط برفشة .
- ٧ - إضافة محلول الكارباميد .



عملية غسل البيض المخضب

إزالة قشور البيض

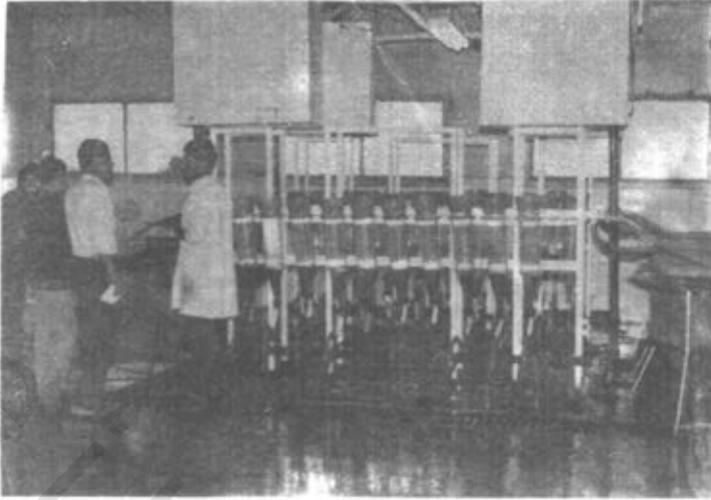


تبويض صناعي لأنثى سمك المبروك

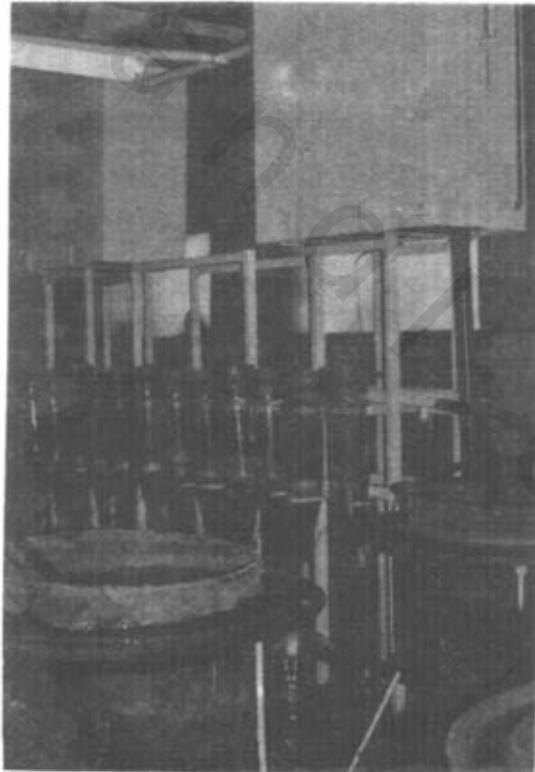
ليسمح برقاد البيض في أول الفقس حتى يمتص كيس الصفار في مدة ٢ - ٤ أيام من الفقس - والفرق بين اليرقات Larvae والزريعة frys هو أن الأولى تتغذى ذاتيا على بقايا كيس المح ولا تسبح بطريقة السمك بل رأسيا، وتحول اليرقة إلى زريعة عندما تبدأ في ملء مئانتها بالهواء وتقوم أفقيا بطريقة السمك وتاكل الغذاء الخارجى ، 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 الجمبرى ( ارتيميا) والقشريات الدقيقة كأفضل أغذية لزريعة الأسماك.



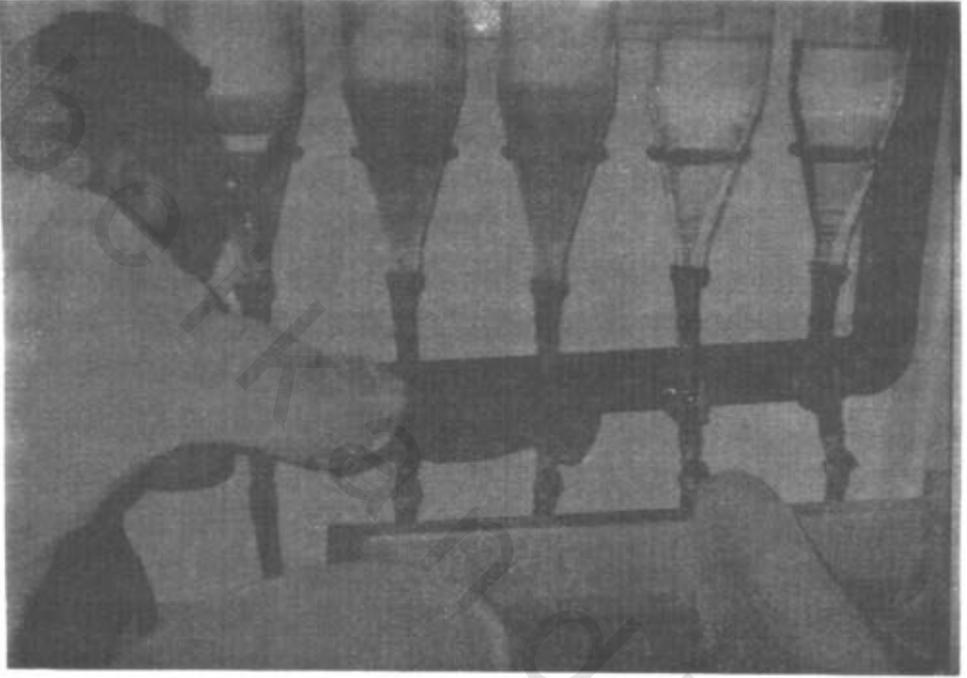
مفرخ متنقل - يوضح حوض إيواء الآباء وأوانى تحضين البيض المخضب  
وأوانى ضبط حرارة المياه



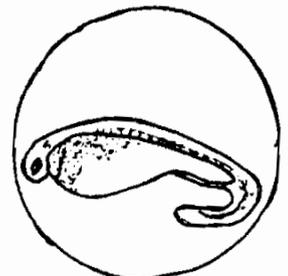
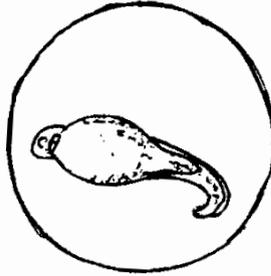
مفرخ ثابت



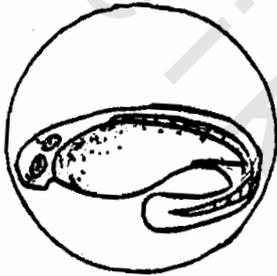
مفرخ سمکی



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



Development of tail and head buds



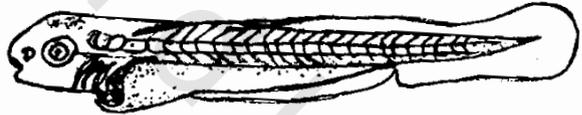
Egg ready for hatching



Freshly hatched larva



2- days old larva



3- days old larva



Larva ready for feeding

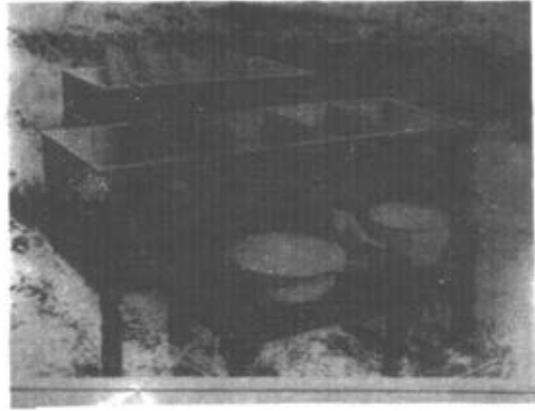


Fry

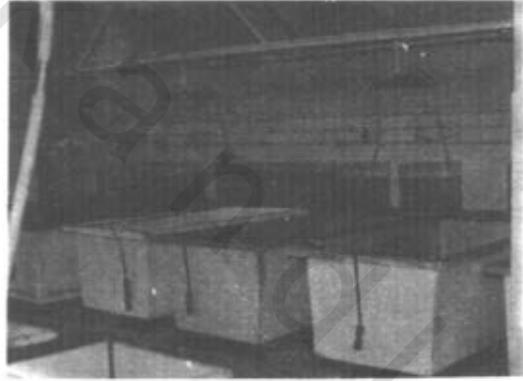
### تطور الجنين واليرقة للأسماك

بداية من تطور الذيل والرأس فالاستعداد للفقس فيعطى البيض يرقات حبيثة الفقس ويتطور حتى تصير قابلة للتغذية

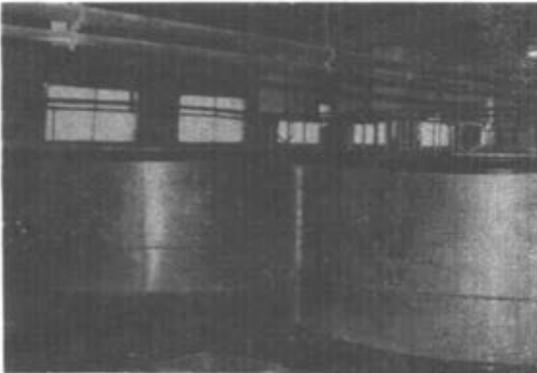
لتتحول إلى زريعة .



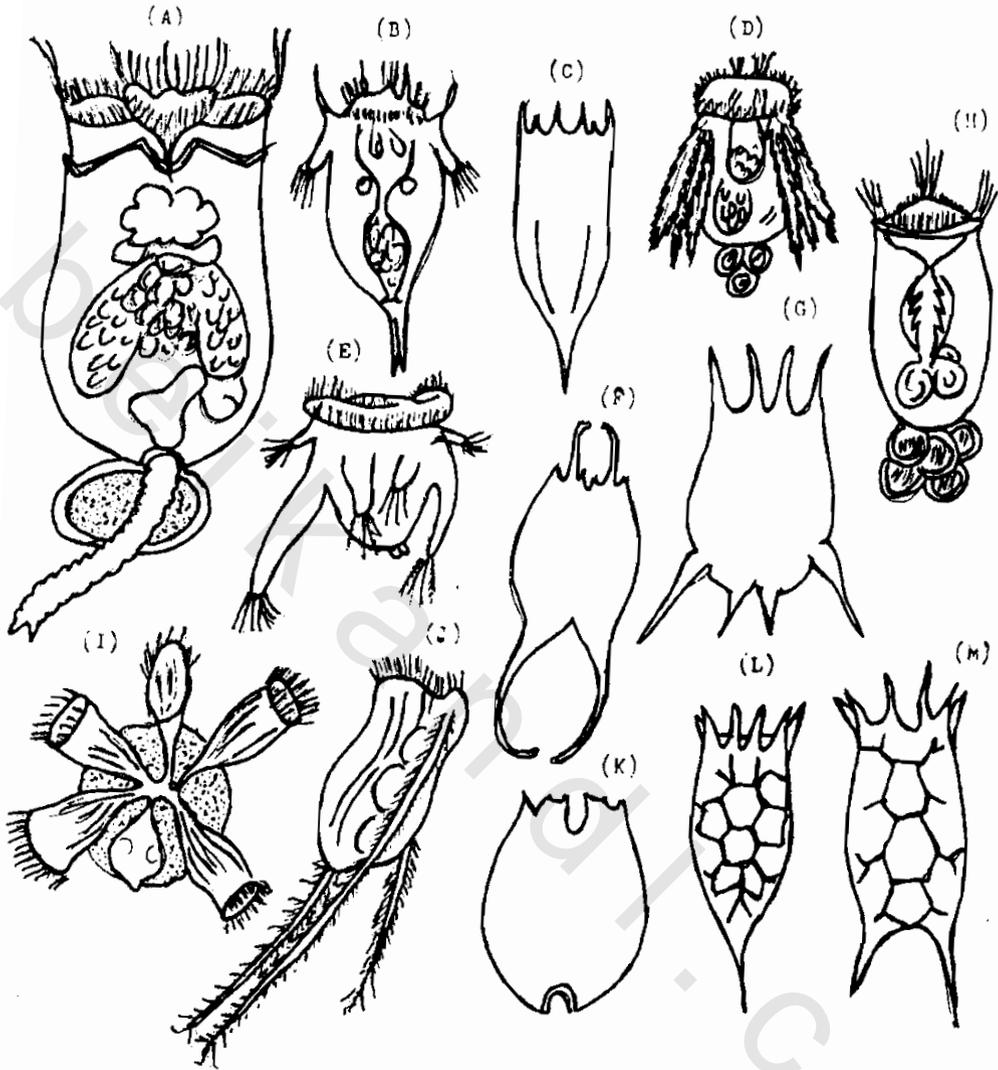
صناديق عد الزريعة



أحواض سمكية زجاجية ولبيبرجلاس



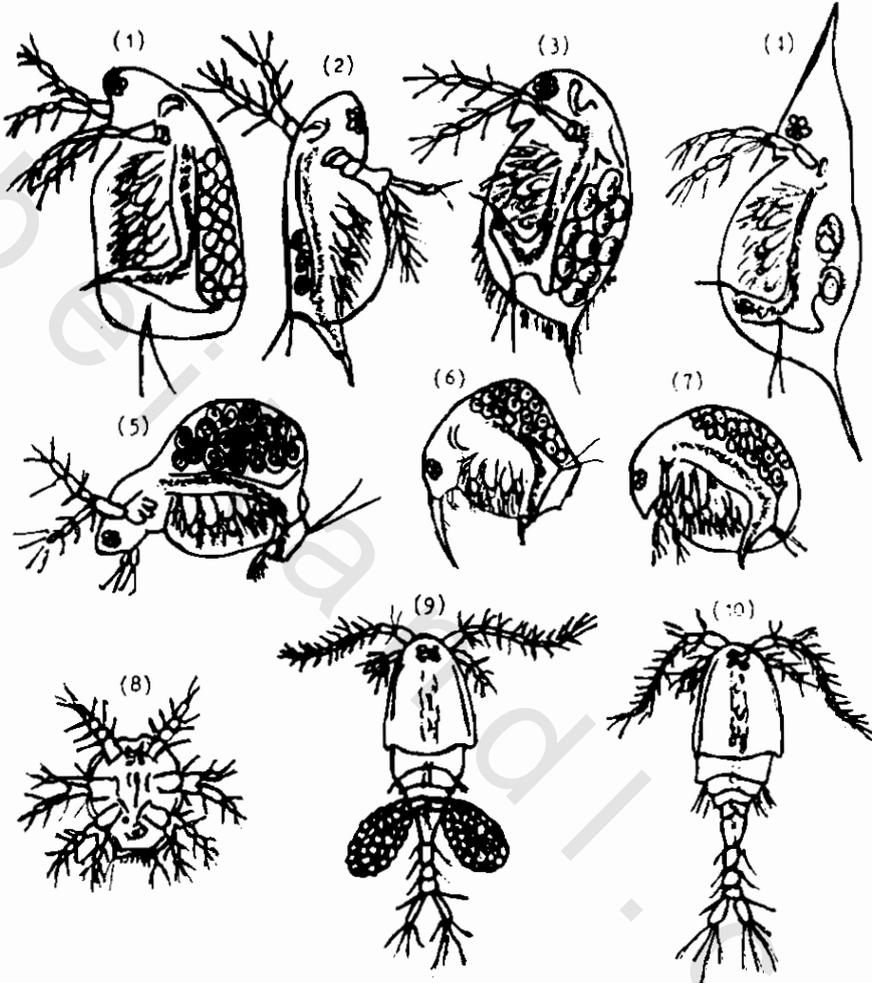
أحواض معدنية لرعاية الزريعة



- (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) *concechilus* sp. (colony); (J) *Filina* sp. ; (K) *Brachionus angularis* (shell);  
 (L) *Keratella cochlearis*; (M) *Keratella quadrata*

اشهر أنواع الروتيفيرات ، أهم غذاء طبيعي للزريعة.

1-7 Cladocerans  
8-10 Copepods



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

أشهر القشريات الدقيقة المجهرية

١ - ٧ : كلادوسيرانات ، ٨ - ١٠ : كويبيديات

obeikandi.com

## الفصل السادس الجهاز الدوري والغدد الصماء

### أولاً : الجهاز الدوري Circulation System

نظراً لمعيشة الأسماك في الماء فيتطور جهازها الدوري لمواجة هذه البيئة، كما تواعت 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 في الأسماك العظمية مكون من ٢ حجرات هي جيب وريدي وأذين وكلاهما رقيق الجدران ثم بطين مثلث الشكل سميك الجدران أسفل الأذنين، بينما في الأسماك الغضروفية يأخذ شكل حرف S ومكون من ٤ حجرات (جيب وريدي، أذين، بطين، مخروط شرياني). ويقوم القلب بضخ سائل الدم أو اللمف الدموي في حركة دائرية حاملا معه الأوكسجين (الوارد إلى الخياشيم) إلى كافة خلايا الجسم في دورة انقباض Contract phase (Systole) ودورة انبساط Relaxation or filling phase (diastole) للتبادل الغازي لطرد ثاني أوكسيد الكربون (الوارد من خلايا الجسم) وحمل الأوكسجين في الخياشيم وأوعيتها الدموية (أو الرئة في الأسماك الرئوية). والدم الوريدي فقير بالأوكسجين يتجه من الجسم إلى الخياشيم (أو الرئة) مباشرة ومنها ينساب ثانية إلى الجسم في الدم الشرياني.

وتختلف الأسماك كثيراً في عدد ضربات القلب (كما يوضحها الجدول التالي لعدد ضربات القلب في وقت الراحة) عن الحيوانات الأخرى :

عدد ضربات القلب	الحيوان
٦٨ - ٤٦ (على درجة حرارة ١٣ - ١٦ م°)	ثعبان السمك
١٠٠ - ٨٠٠	عصافير الكناريا
٦٥٠ - ٥٥٠	الفئران
٤٥٠ - ٢٥٠	الجرذان
٩٢	الرومى
٢٠ - ٢٥	الفيل

ويختلف كذلك حجم الدم في الأسماك فهو أقل مما للحيوانات الأخرى ، فهو للأسماك العظيمة حوالى ٢-٤ مل / ١٠٠ جم، وفي الأسماك الغضروفية حوالى ٦-٨ 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 - 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 - 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 دم بعض الأسماك فى القطب الجنوبي، 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 والهيموجلوبين. وهيموجلوبين السمك ذو مقدرة عالية على امتصاص الأوكسجين لمواجهة نقص ذاتية 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 × ٦١٠ / مم<sup>٣</sup> وإن بلغت أحيانا فى بعض الأنواع البحرية إلى ٤ - ٦ × ٦١٠ / مم<sup>٣</sup>. وكرات الدم البيضاء فى المتوسط أقل من ١٥٠ ألف / مم<sup>٣</sup> وإن تباينت كثيرا حتى داخل النوع الواحد ، وأكثرها وجوداً فى القراميط هى الثرمبوسيت ، وليمفوسيت ، والنيتروفيل ، وإن تواجدت المونوسيت فى دماء البليس.

وفيما يلي 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 و كسالواستيك	وحدة / لتر	١١,١ ± ١,٦
جلوتاميك بيروفيك	وحدة / لتر	٢٣٦,٨ ± ٢٣,١
فوسفاتاز قاعدي	وحدة / لتر	١٧٢
كالسيوم بلازما	ملي مول / لتر	٣,٣٦ ± ٠,٠٨
ماغنسيوم بلازما	ملي مول / لتر	٠,٣٧ ± ٠,٠٢
فوسفور بلازما	ملي مول / لتر	٣,٩١ ± ٠,١٥
صوديوم بلازما	ملي مول / لتر	١١٦,٥ ± ٢,٦٢
بوتاسيوم بلازما	ملي مول / لتر	٢,٨٣ ± ٠,٢١
زنك	ملي مول / لتر	٠,٣٢ ± ٠,٠١
حديد	ملي مول / لتر	٠,٠٢٤ ± ٠,٠٠١
جلوكوز	مجم / لتر	٦٤٩
كلويسترول	مجم / ١٠٠ مل	٢٨٩

### العوامل المؤثرة في 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 - ٦٦ % وهيموجلوبين ١١ - ٢٢,٣ جم / ١٠٠ مل وعدد كرات دم حمراء ٢,٣١ - ٤,٨ × ١٠<sup>٦</sup> / مم<sup>٣</sup> بينما في الماكريل كانت هذه القيم على الترتيب ٢٦ - ٦١ %، ٧ - ٢٢ جم / ١٠٠ مل، ١,٥ - ٦,١٣ × ١٠<sup>٦</sup> / مم<sup>٣</sup>.

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

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

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

٢ - العمر والحجم : يرتبط محتوى الدم من الهيموجلوبين والهيماتوكريت والبروتين الكلي ترتبط جميعها إيجابيا مع طول سمك الفرخ متسع الفم ، كما ارتبط الهيموجلوبين والهيماتوكريت إيجابيا في نفس السمك مع العمر . وقدرت محتويات دم هذه الأسماك في حدود  $٠,٩٨ - ٢,٧٦ \times ٦٠ /$  مم<sup>٣</sup> كرات دم حمراء ،  $٢,٠ - ٨,٧$  جم /  $١٠٠$  مل هيموجلوبين ؛  $١٤ - ٥٧$  % هيماتوكريت ،  $٢ - ٢١٦$  مجم /  $١٠٠$  مل جلوكوز ،  $٠,٨ - ١٨,٨$  جم /  $١٠٠$  مل بروتين بلازما ، وتوقفت هذه الفروق المتسعة في كل المكونات على عمر ووزن وطول السمك .

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

٤ - الحالة الغذائية : بتحسن الحالة الغذائية ( بتقدم العمر) فيزداد ما تتناوله الأسماك من حديد فيزيد بالتالي 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 ( والتي تعطى مستويات أعلى من الأحماض الأمينية في الدم عنه في مرتفعة الكربوهيدرات). وعند صيام التراوت ينخفض محتوى بلازما دماؤها من البروتين والفوسفاتاز القاعدي . وقد كان هناك ارتباط معنوي بين معامل الحالة Condition Factor ( المتوقف على حجم ووزن وعمر وبيئة السمك خاصة الغذائية) والأنشطة الإنزيمية المختلفة وكذلك تركيز البروتين. والتراوت المغذى يعكس انخفاضا في نشاط إنزيم اللاكتات دى هيدروجيناز. وقد لا يختلف تركيز جلوكوز دماء الأسماك الصائمة ( مبروك ، شعبان أودبي، شعبان ياباني) نتيجة تخليق الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية Gluconeogenesis خاصة الأحماض الأمينية ( في البلازما والتي مصدرها البروتين الجسمي ) .

٥ - درجة الحرارة : ثبت أن ارتفاع درجة الحرارة ( ٣.٥ - ٢٣ م° ) للتراوت يزيد من نشاط معظم إنزيمات السيرم ( لاكتيك دى هيدروجيناز، هيدروكسى بيوتريك دى هيدروجيناز، جلوتاميك أوكسالو اسيتيك، وجلوتاميك بيروفيك ترانس اميناز، جلوتاميك دى هيدروجيناز، فوسفاتاز قاعدى، ليوسين امينو بيتيداز). بينما فى المبروك يؤدى انخفاض درجة الحرارة ( فى شهور يناير وفبراير) إلى نقص معنى فى تركيزات الصوديوم والبوتاسيوم والكلور فى الدم ، بينما زاد كالسيوم الدم وانخفض البروتين فى فترة نضج المبيض ووضع البيض. ويانخفاض درجة حرارة البيئة يزداد بروتين السيرم معنويا .

٦ - تركيز الأوكسجين الذائب : يانخفاض تركيز الأوكسجين الذائب فى الماء انخفض ثانى أوكسيد كربون الدم واليوريا والبروتين الكلى وحمض اليوريك والكرياتينين والصوديوم والبليرويين الكلى فى دم أسماك القراميط ، بينما زاد نشاط إنزيم الفوسفاتاز القاعدى ومستوى الفوسفور والكالسيوم والكوليسترول والجلوكوز . فقد أعطي القرموط تركيزات مكونات الدم التالية :

مكونات الدم	الوحدة	المدى	المتوسط
ك ٢١	ملى مكافىء / لتر	٣١,٧ - ٢,٨	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	٦,٣ - ٢,٧	٤,٥
البيومين	جم / ١٠٠ مل	صفر - ١,٩٦	٠,٧٨
كوايسترول	مجم / ١٠٠ مل	٣٤٥ - ٧٠	٢١٢
حمض يوريك	مجم / ١٠٠ مل	صفر - ٢,٥	١,٣
كرياتينين	مجم / ١٠٠ مل	صفر - ٣,٧	١,٧٨
بليرويين كلى	مجم / ١٠٠ مل	صفر - ١,٤	٠,٤
صوديوم	ملى مكافىء / لتر	١٦٨ - ١٠٥	١٣٧
بوتاسيوم	ملى مكافىء / لتر	صفر - ٤,٦	٢,١١
كالسيوم	مجم / ١٠٠ مل	١٤,٥ - ٣,٩	٩,٢
فوسفور	مجم / ١٠٠ مل	٢٤,٨ - ٧,٦	١٦,٢

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

تركيز الميتهموجلوبين 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 الهيموجلوبيني.

### 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 ( كوينالدين ) 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 تجارى آخر ( حسب الشركة المنتجة) وهو فينكويل finquil . وهو الأكثر والأسهل استعمال والأقل خطورة على السمك .

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

وهذه المهدئات ووسائل التخدير لا تستخدم 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 بون 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 ( ابينفيرين ، نورابنيفرين ) من الجهاز العصبى السمبثاوى مؤديا إلى زيادة جلوكوز وكتات الدم وسرعة ضربات القلب وزيادة سرعة التنفس ، تعدد الأوعية الدموية، وزيادة الحركة التقلصية .

ب - فران 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 على 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 يؤدي استخدام المخدر إلى تسكين أو تخدير أو موت تخديرى Narcotic death على حسب الجرعة ومدة التعرض لها. وبشكل عام هناك ٣ طرق للتسكين والتخدير فى السمك، إمامباستخدام 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 وفترتها بكم كبير مع أمانها للأشخاص.

## والعوامل المؤثرة على كفاءة التخدير فى السمك هى :

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

فالأسماك التى 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 الدهن MS 222 & benzocaine فإن تخديرها يطول وعمودتها من التخدير تكون بطيئة، والأسماك المريضة والشاحبة تكون حساسة جدا للتخدير. ولا يؤثر التخدير على نمو السمك وتبويضه.

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

ويتم التخدير بالاستنشاق أو بالحقن ، موضعيا أو كليا .

## التخدير بالاستنشاق : Inhalation anaesthesia

يستخدم مخدر سائل لاستنشاق السمك لدخوله لتيار الدم الشرياني كآقصر طريق للجهاز العصبي المركزي ويعودة السمك إلى ماء نظيف يخرج العقار أو ناتج ميتابوليزمه عن طريق الخياشيم ويتم التخدير بغمس السمك مباشرة في إناء يحتوي على التركيز المناسب من مادة التخدير للمدة المناسبة ثم تجرى المعاملات أو تؤخذ المقاييس ثم توضع الأسماك في إناء آخر به ماء نظيف قبل إعادتها للأحواض . في حالة كثرة العمل الذي يتطلب إطالة مدة التخدير فقد يقف التنفس لذا يستخدم التنفس الصناعي وهناك طرق عديدة لتوصيل محلول المخدر إلى الأسماك بأن تمد السمكة في فمها بمحلول المخدر مشبع بالأكسجين ويجمع الخارج من الخياشيم ليضخ في الإناء الأصلي المشبع بالأكسجين وهكذا وذلك بعد تسكين السمك بغمسه في محلول المخدر ثم وضعه على حامل ويوضع في فمه خرطوم محلول المخدر المزود بالأكسجين لإزالة ك ٢٠ منه مع رش جلد السمك بالماء باستمرار إذا طالت العملية للمحافظة على حرارة الجسم وعدم جفاف الجلد .

ومن مواد التخدير المستخدمة في التخدير بالاستنشاق قائمة كبيرة بعضها اختفى ولم يستخدم بعد منذ زمن بعيد مثل اليوريثان Urethane لأنه يسبب السرطان رغم فعاليته الجيدة في التخدير وبقى المجموعة المستخدمة في حالات معينة بروبوكتات propoxate بيسكائين piscaine ، سيكواريبتال 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 الآن بكثرة مثل كورال هيدرات Choral hydrate ، تيرترياري كحول الأميل tertiary amly alcohol ، ميثيل بارافينول methyl parafynol ، كلورفورم chloroform ، تري برومو إيثانول tribromoethanol ، كلور بيوتانول Chlorbutanol ، أما المجموعة الأكثر استخداما فتتكون من تري كاين ميثان سلفونات MS 222 Tricaine methane sulphonate ، بنزوكاين Benzocaine ، كوينالدين وكوينالدين سلفات Quinaldine and quinaldine sulphate ، ٢ - فينوكس إيثانول Phenoxyethanol - 2 .

١ - فينوكس إيثانول : سائل زيتي يحل بالرج مع كمية بسيطة من الماء. الجرعة ٠.٥ سم<sup>٣</sup> / لتر (٢٨٥ مجم / لتر) تحدث تخديرا عاما ، بينما الجرعة الأقل تحدث تسكينا ، والسائل مضاد للبكتريا والفطر وهذا يفيد في العمليات الجراحية، ويظل المحلول فعال على الأقل ٣ أيام.

٢ - كوينالدين : سائل زيتي يجب إذابته في اسيتون كي يخلط مع الماء، غير فعال على pH5 أو أقل ، وتزيد فعاليته بزيادة pH ( ورغم فعاليته فإنه مهيج وغير نائب ومتلف للقننية في السلونات) . سلفات الكوينالدين نائبه في الماء لكنها غير متوفرة تجاريا، رخص الكوينالدين جعله وسيلة شائعة الاستخدام في جمع السمك.

٣ - ترى كايين ميثان سلفونات أو MS222 : استخدام مع كثير من الأنواع، حامضى سريع النويان فى الماء، انخافض pH المحلول مهيج للسماك وقد نشر كثيرا عن العواقب الفسيولوجية لاستخدامه لزيادة جلوكوز الدم hyperglycaemia، ونقص الاوكسيجين hypoxia، وشلل عضلات التنفس hyperapnia، وتغيرات فى اليكتروليات الدم وهرمونات الكوليسترول واليوريا واللاكتات وحامض الاسكوريك وإن كانت هذه التغيرات قد تحدث نتيجة تناول الأسماك. فعاليتته 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 - برووكسات : 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 علاجي فى نفس الوقت إلا أن العقار مكلف جدا لذلك فلا يعرف الكثير عن ميتابوليزمه وتأثيراته.

### التخدير عن غير طريق القناة الهضمية Parenteral anaesthesia :

يفضل فى حالة طول مدة العمليات المطلوبة تخديرا أن تسكن الأسماك بالمخدر بالاستنشاق لمنع ضغوط التداول ثم توزن السمكة وتحدد الجرعة وتحقن فى غلاف الأحشاء فى البريتون Intrapertoneal 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 فى البريتون، ويستمر التخدير طويلا ( ٦ - ٢٤ ساعة) حسب الجرعة، ومشكلته ببطء الاستشفاء من التخدير، وهو لا يفرز عن طريق الخياشيم مما يفسر طول مدة فعاليتته، وقد يكون مميت لبعض الأسماك بجرعة ٦٠ مجم / كجم بينما

يخدرها بجرعة ٦ مجم / كجم.

٢ - بروبانيديد ( ابونوتول ) ( Propanidid ( Eponotol ) : فعال بجرعة ٨ - ٩

مجم / كجم فى الثدييات بينما يلزم ٢٢٥ مجم / كجم لحقن التراوت فى البريتون لتخدير فعال فيستمر فعله حوالى ٢٥ ساعة. وهو لا يحدث ضغوطا كبيرة على التنفس كما تسشى الأسماك نسبيا بلا مشاكل.

٣ - الفاكسولون ( سافان ) ( Alphaxolone ( Saffan ) :

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 ٢٤ مجم / كجم فى التراوت ) ربما تؤثر على التنفس فتبطئه أو تمنعه كلية .

**طرق كىماوية أخرى Other Chemical Methods :**

قد يجرى التخدير بإضافة الكىماويات للغذاء أو إذابة الغازات التخديرية Narcotic Gases

١ - الكىماويات فى الغذاء : طريقة خالية نسبيا من أى ضغوط، فيغذى على عليقة مضغوطة محتوية على ديازيبام diazipam ومشكلتها ببطء امتصاص المخدر عن طريق المعدة. وعدم إمكان التنبؤ بالكمية المستهلكة من المخدر.

٢ - الغازات : التخدير الغازى السمك غير ممكن، إلا إذا كان الغاز ذائبا نسبيا فى الماء لكن الأسماك التى تتنفس الهواء كالقرايط والعبان وحيد الخياشيم يمكن تخديرها غازيا لكنها لم تجرب أو تختبر بعد .

فقد استخدم التخدير بفازك ٢ لكن كمسكن فى النقل لسهولة نوابه 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 ٢١ مع رفع تركيز ك ٢١ .

ويستخدم غاز الهالوثان halothane بفعالية فى تخدير السمك بجرعة ٥ . ٠ . ٠ ٢ . ٠ 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 مميته.

## طرق غير كيميائية : Non Chemical methods

يمكن تسكين السمك دون استخدام كيميائيات وذلك بطريقتين :

### ١ - خفض درجة الحرارة Hypothermia :

تؤثر الحرارة على النشاط واستهلاك أ<sub>٢</sub> فتتخفض معدل الميتابوليزم للسمك وكذلك على كفاءة تحميل الماء بالأكسجين. فخفض حرارة الماء تهديء أو تسكن السمك ويتم التبريد فى ثلاجات أو بإضافة الثلج أو استخدام الثلج الجاف ( معزولا عن الماء كيميائيا لكن متصل به حرارياً). وتتوقف كمية التبريد على التاريخ الحرارى السابق لنوع السمك وحرارة تغلظه والمدى الحرارى المحتمل.

وقد استخدم هذا التكنيك فى النقل وتحدث حالات نفوق لا يعرف إن كانت ترجع لشدة التبريد أو للمهدئات الأخرى الكيميائية 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 كيميائى (بنزوكايين) فإن الجرعة المؤثرة العابية يجب خفضها بمعدل ٣٠٪ .

### ٢ - تخدير كهربى

#### : Electroanaesthesia ( Electroimmobilisation )

بديل للتخدير الكيميائى أن تستخدم الكهرباء، سواء تيار متردد أو مستمر ، فيؤدى إلى تسكين السمك. وقد استخدم م 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 ٦ . فولت / سم تيار مستمر فتتحرك الأسماك جهة القطب الموجب anode وتفقد اتزانها وتسكن بينما البلطى يتطلب تيار مستمر قوة حقله 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 الكهربى على حسب شدة الحقل الكهربى ومدة التتبية الكهربى والشكل الظاهرى لجسم السمك.

ويتأثر 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 الألكترونات.

وميزة التخدير الكهربى تخفيض عبء الصيد بالشبك، سواء للسماك 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 مللى أمبير . والتخدير الكهربى منافس مفيد للتخدير الكيماوى لضالة 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 ه دقات ( 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- ( بالسودا 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 .

ويزيادة 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 وغيوبية 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 عصبياً بالصدفة.

## منع التجلط Anticoagulation :

لتداول الدم الكامل للتحليل لصورة الدم من حيث الهيموجلوبين أو الهيماتوكريت أو عند كرات الدم وتصنيفها ومحتويات الدم ( الكامل ) المختلفة ، أو للحصول على البلازما من الدم للتحاليل المختلفة ، يستلزم ذلك إضافة مواد مانعة لتجلط الدم وأهمها وأكثرها انتشاراً واستخداماً هو الهيبارين heparin ( رغم عدم ملاسته للاستخدام عند إجراء تقديرات معينة ) . وأفضل جرعة هيبارين استخدمت لدماء الأسماك الماء العذب هي ٤ مجم/ مل دم ( أى ٥١٩ وحدة نولية / مل ، حيث إن الوحدة النولية 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 برجتى حرارة ٢٥° م ، ٤° م ويمائله فى الثبات على - ١٠° م .

## ثانياً : الغدد الصماء Endocrines

وهى الغدد ذات الإفراز الداخلى أى عديمة القنوات ( لا قنوية ) ، 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 الببتيد ، منها الأنسولين Insulin والجاسترين Gastrin ( من جزر لانجرهانز ) والسيكرتين والكوليسيستوكينين وشبيهه والهيستامين ( من الأمعاء ) وشبيهه السييريولين 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 فى ميتابوليزم البروتين فى الأسماك . والحقن بالأنسولين يخفض من جلوكوز دم الأسماك الغنية علاقتها بالكربوهيدرات بينما لا يؤثر على الأسماك المرتفعة علاقتها فى محتواها من البروتين .

والأسماك ليس لها غدد جارات ررقية بل تنظم ميتابوليزم الكالسيوم والفوسفور بواسطة كالسيتونين يفرز من الجسم الخيشومى الخلقى والذي يتحكم فى ترسيب العظام وسحب المعادن منها . ويؤدى حقن السمك بهرمون الكالسيتونين إلى انخفاض كالسيوم 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 في الماء العذب ، وتزداد هذه الخاصية بتأثير كل من الثيروكسين والبرولاكتين . كما يلعب الثيروكسين دوراً هاماً في التحكم في شكل السمك في أطواره المختلفة .

وتحمل الأسماك المهاجرة للملحة المياه يتحكم فيها الفص الأمامي للغدة النخامية وقشرة الأدرينال adrenal cortex فهرمون الفازوتوسين Vasotocin هام في التحكم في ميزان الماء . كما أن تغييرات الألوان في كثير من أنواع الأسماك يسيطر عليها هرمونات تشتيت أو تركيز اللون الأسود melanophore dispersing (or condensing) hormones المفرزة من الفص الخلفي للنخامية . وقد تخضع تغييرات لون ذكور الأسماك في موسم التناسل إلى الهرمونات الجنسية الذكرية . وهكذا تخضع كل العمليات الفسيولوجية في الأسماك لهيمنة الهرمونات كما سيتضح ذلك من النماذج التالية:

## ١ - تأثير الهرمونات على نمو السمك :

### ١ - النخامية :

يتأثر النمو والميتابوليزم في الأسماك بشدة بالهرمونات التي تتأثر بظروف البيئة . فلقد وجد أن الأسماك منزوعة الغدة النخامية Hypophysectomized fishes لا تنمو وتفقد شهيتها ويقل تحويلها الغذائي ، 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 وتغييراته على مدار العام بالتغييرات في محتوى الغدة النخامية من هرمون النمو ، إذ أن زيادة النمو ترتبط بانخفاض تركيز الهرمون في النخامية دليل انسيابه من الغدة إلى الدم . وهرمون النمو Growth hormone هذا يفرز من خلايا الفص الأمامي من الغدة النخامية ، وهو من البروتينات البنائية anabolic protein . ويشبه هرمون نمو الماشية لذا فعند حقن السمك منزوع النخامية بهرمون نمو الماشية فإنه ينمو طبيعياً ، كما أن الحقن بهرمون نمو السمك ذاته يزيد في النمو ، ويخشى من حقن مستخلص النخامية ما يسببه من نفوق ربما يرجع إلى سمية المذيب أو المستخلص وطبيعة 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 فتقل الاستفادة من بروتين العليقة فيقل محتوى الجسم من الدهن بينما تتراكم الأحماض الأمينية بالأنسجة ويزيد بروتين الجسم ( نمو ) ، ويشجع هرمون النمو من تخليق الحمض النووي RNA وتخليق هرمون الأنسولين ( فكل الهرمونات هرمونات بناء ميتابوليزمي ) ، فالأنسولين لازم لاكتمال فعل هرمون النمو . لذا يضاف هرمون النمو في 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 للسلك ، وينتج لحمًا فقير الدهن . إلا أن الحقن أو الزرع وتكراره شيء مجهد

وغير عملي في ظل الإنتاج المكثف للأسماك . ويعبر عن عامل الحالة بشكلية ، إما معامل الحالة التقليدي  
Conventional condition factor = الوزن الكلي / (الطول)<sup>3</sup>

أو عامل الحالة الجسمي Somatic condition factor = (الوزن الكلي - وزن المناسل) / (الطول)<sup>3</sup> .

#### ب - الاستيرويدات البنائية :

• تستخدم الاستيرويدات البنائية Anabolic steroids كهرمونات مشتقة ( تشمل هرمونات الجنس الذكرية androgens والاستروجينات oestrogens أو هرمونات الجنس الأنثوية ) تطبيقية صناعية في مزارع الأسماك لملها من تأثير بنائى مشجع للنمو ، وتمتاز على هرمون النمو في سهولة استخدامها كإضافات غذائية بون فقد نشاطها البيولوجي ، ومن الاستيرويدات المخلقة مركب ١٧ ألفا - ميثيل تستوسترون (MT) ، ١١ - كيتوستسترون ، ادرينوسترون ، ديمثازين ، نورثاندرولون، اثيل ستلبيسترون ، ايثيل استرنول ، وغيرها كثيراً . وتؤدي هذه الهرمونات إلى زيادة امتصاص النيتروجين وبالتالي 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 في السمك . والهرمون الصناعي ( المخلوق ) أكفأ في تأثيره على النمو عن الهرمون الطبيعي . والأندروجينات أكثر تأثيراً من الاستروجينات في دفع نمو السمك . فتحقق الأسماك عضلياً كل ٤ أيام بمركب ٤ - كلوروستسترون خلاص ، أو يوضع في العليقة الميثيل تستوسترون ٢,٥ مجم / كجم ، وكذلك في العليقة يمكن إضافة الديثازين ٥ مجم / كجم عهف . ولا ينبغي استخدام الاستيرويدات البنائية في دراسات النمو إذا كانت تظهر الصفات الجنسية ، إذ قد ينقلب الجنس sex reverse بإعطاء الهرمون الذكرى للأنثى يحولها إلى نكر فعال ، وإعطاء الهرمون الأنثوى يحول الذكر إلى إناث فعالة ، وتزاوج نكور فعالة مقلوية 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 في الوزن الصغير ( الطور اليرقى ) .

ويظهر أثر الهرمون البنائى في 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 في نوع ما قد يثبط النمو لنفس العمر لنوع آخر .

وقد زاد نمو السمك بإعطائه مضاد استروجيني ( سترات كلوميفين ) بمعدل ١٥ ميكروجرام / جم علف مع دى إيثيل استلبيسترون ( ٥ ميكروجرام / جم علف ) . وقد تعمل الاستيرويدات البنائية تعاونياً مع هرمونات داخلية أخرى كتشجيع الدرقية وجارات الكلى والبنكرياس في السمك . ويختلف تأثير هذه الهرمونات على التركيب الكيماوى لعضلات السمك طبقاً لجرعتها المستخدمة ونوع السمك وعمره .

ووجب الانتباه لتبقيات هذه الاستيرويدات المخلفة ( المستخدمة لتشجيع النمو growth promotion في مزارع الأسماك ) في الأنسجة الصالحة للاكل . فرغم ما استنبط من الأبحاث القليلة بشأن سرعة معدل التمثيل الغذائي أو خروج الاستيرويدات من الأنسجة ، فقد وجدت متبقياتهما في بلازما وأنسجة أسماك السلمون 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 سمكى وهرمونى .

#### ج - الدرقية : Thyroid :

تستطيع هرموناتها التأثيرات على النمو ، سواء لفعالها المباشر أو لحثها للنشاط البنائى لهرمونات أخرى كهرمون النمو ( الذى يتفاعل معها تعاونياً synergistically ) أو لتأثيرها العام على الميتابوليزم . وزيادة الجرعة ( عن ١٠ ميكروجرام / جم / اسبوع بالحقن ) تؤدي إلى تشوهات فى الهيكل العظمى ، كما يمكن إضافة الثيروكسين فى الماء وإن كانت تأثيراته أقل من الحقن ، كذلك إضافته مع العلف يؤدي لفقر نتائجه لامتناعه فى الجهاز الهضمى . وعموماً فتأثيره على النمو فى بعض الأنواع أقل من تأثير هرمون النمو .

والثيروكسين (T<sub>4</sub>) أهم السمك من ثلاثى أيونوثيرونين (T<sub>3</sub>) ، فعند إزالة الدرقية بالإشعاع Radiothyroidectomy أو إعطاء مضادات الدرقية يقف النمو ويتم علاجه باستخدام T<sub>4</sub> مما يؤكد أهميته للنمو الطبيعى . وتأثير هرمونات الدرقية يتوقف على جرعتها وطريقة إعطائها ، ومدى وجود مسببات الجويتر فى العليقة ، نوع وحجم السمك ، وظروف المياه وغيرها .

وأدى إعطاء T<sub>3</sub> فى العليقة ( ٢٠ - ١٠٠ جزء / مليون ) إلى زيادة طول ووزن السمك وزيادة استهلاك الغذاء وتحسن كفاءة تحويل الغذاء .

#### د - الأنسولين : Insulin :

يتحكم فى نمو السيتوبلازم فى العضلات الهيكلية ، وهو يشارك هرمون النمو فى 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 فى السمك ، فالأنسولين يزيد محتوى بروتين العضلات لحتى لتخليق البروتين . وتشجيع الأحماض الأمينية على إفراز الأنسولين وقد يرجع هذا إلى الانخفاض النسبى للاحتياجات الغذائية الكربوهيدراتية وانخفاض الاستفادة بها فى الأسماك وكذلك لانخفاض مستوى الجليكوجين فى أنسجة الأسماك ، إذ يغيب دور الأنسولين فى تخليق جليكوجين فى الأسماك .

#### هـ - مخاليط الهرمونات : hormone combinations :

وجود بعض الهرمونات يقوى التأثير البنائى لهرمونات أخرى فتكون محصلة وجودها معا زيادة فى النمو الكلى ، فهرمون الثيروثرويين مع هرمون النمو فى نكور الأسماك منزوعة النخامية تزيد نموها عن استخدام هرمون النمو بمفرده أو الثيروثرويين بمفرده كما أن هرمون النمو مع هرمون الجسم الأصفر يدفع نمو ذكور الأسماك منزوعة النخامية عن استخدام هرمون النمو بمفرده . وخلطة هرمون النمو مع الميثيل ستوسترون مع T4 كانت أفضل من خلطة الهرمونين الأولين فقط ، والخلطتان أفضل من خلطة هرمونى النمو والثيروكسين فقط . فقد تؤدي 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.

### ١ - البنكرياس : Pancreas :

يفرز الأنسولين والجلوكاجون من أجسام بروكمان Brockmann bodies أو الجزر الأساسية ( لانجرهانز ) . فالأنسولين ( على عكس ما فى الثدييات ) يؤدي إلى خفض الجليكوجين أو زيادته أو عدم التأثير عليه حسب الأنواع المختلفة للأسماك . و دور الأنسولين محدود فى ميتابوليزم الجلوكوز ، لكنه جوهري 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 والجلوكوكينك ، فتؤدي زيادتها إلى زيادة إنزيم الستوكروم أوكيداز ونقص إنزيم جلوكوز - ٦ - فوسفات دى هيدروجيناز ، كما تؤدي إلى زيادة نشاط إنزيمات

الفوسفاتاز القاعدي والمامضى فى الكبد والحقن بالثيروكسين يخفض سكر الدم . كما تؤثر على ميثابوليزم الدهون ، فالحق بالثيروكسين يخفض مخزون الدهن الحشوي ودهن الكبد والدم ، بينما إزالة الدرقية بالإشعاع يؤدي 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 ثنائي الأطوار، فإما أن يكون تأثيرها بنائياً للبروتين والأحماض النووية ( بالجرعات المنخفضة أو الفسيولوجية ) أو يكون تأثيرها هدمي 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 ، وهي تشبه فى تأثيرها الثيوريوراسيل .

### ج - المناسل : Gonads :

تفرز استرويدات الجنس ، فالأندروجينات تخفض الأزوت غير البروتيني فى السيرم ودهن العضلات . فالتغذية على الاندروجينات تزيد محتوى الكبد والكلى والعضلات من الحمض النووي RNA ومن البروتين . أما الاستروجينات فتزيد محتوى البلازما من الدهون والكوايسترول والبروتين والكالسيوم والفوسفور . وتختلف تأثير الاستروجينات على دهن الجسم باختلاف الجنس وفترة الإضاءة ودرجة الحرارة وتركيز الهرمون . ويزيد دهن الكبد كذلك بالمعاملة بالاستروجين مما يؤدي إلى زيادة دليل الكبد الجسمي hepto - somatic index ( نسبة وزن الكبد من وزن الجسم الكلى ) وإن انخفض محتواه من الجليكوجين . وتنشط الاستروجينات من إفراز الليبوبروتين الفوسفوري Vitellogenin من الكبد لتخزينه فى المبيض النامي ، كما تزيد من بروتين الكبد والحمض النووي RNA به .

### د - النسيج بين الكلوى : Interrenal tissue :

تفرز هرمونات القشرة الاسترويدية Corticosteroids كالكورتيزول والكورتيزون والكورتيكوستيرون والألدوستيرون . وتؤدي هذه الهرمونات عند حقنها فى الأسماك إلى زيادة سكر الدم وجليكوجين الكبد مع نقص الوزن والطول . فيؤدي الكورتيزول إلى زيادة معدل الميتابوليزم وترانس اميناز الكبد وجليكوجين الكبد مع زيادة إخراج الأمونيا والبوتاسيوم ، وزيادة مستوى الكورتيزول وإطالة فترة استعماله تؤدي إلى زيادة تخليق الجلوكوز من البروتين مما يؤدي إلى ضمور العضلات وتوقف النمو .

### هـ - نسيج الكرومافين : Chromaffin tissue :

ينتج الأدرينالين والنور أدرينالين فى منطقة الكلى أو الأورطى أو القلب . ويؤدي الأدرينالين إلى زيادة جلوكوز الدم كما يسحب جليكوجين الكبد والعضلات ويحلل مخزون الأنسجة من الدهون . ويؤدي 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 يؤدي هذا الهرمون إلى حالة مؤقتة من البول السكرى . أما هرمون البرولاكتين فيعمل على زيادة تخزين الدهون وزيادة الأحماض الدهنية الحرة في البلازما والعضلات . وهرمون أرجينين فانوتوسين يزيد حرقه من مستوى جلوكوز وأحماض دهنية حرة بالدم .

## ٣ - التحكم في التغذية :

تتأثر عملية التغذية وتنظيمها بدور المخ في سلوك التغذية ، ودور الجهاز العصبي الذاتي وهرمونات المعدة والأمعاء وهرمون النمو والهرمونات الاسترويدية وهرمونات الدرقية . فهرمون النمو وهرمون الثيروكسين يزيدان الشهية واستهلاك الغذاء ، والهيبوثالامس له دور في الشهية كذلك كما يؤثر مستوى الجلوكوز والأحماض الأمينية في الدم على استهلاك الغذاء .

## ٤ - التحكم الهرموني في تناسل الأسماك :

يتم تنظيم تناسل الأسماك من خلال وظائف المناسل التي تتحكم فيها بالتالي الغدة النخامية بهرموناتها شديدة التأثير على الغدد الجنسية ، خاصة هرمون LH الذي يرجع قيامه بدور كلا الهرموني FSH, LH . كما تفرز الهيبوثالامس بدورها هرمونا يؤدي لانسياب هرمون الجسم الأصفر lutcinising hormone releasing hormone (LH-RH) في تيار الدم لإحداث التبويض .

فتبدأ العملية تتببه بينى ( درجة الحرارة ، طول النهار ، وغيرها ) ، وتتقل خلال جذع الهيبوثالامس - نخامية إلى حوصلات المبيض ، حيث تخلق الهرمونات الاستروجينية وتتساب إلى تيار الدم . وهذه الهرمونات تشفق من الكوليسترول بعملية الهيدركسلة hydroxylation تتبه الهرمونات الاستروجينية الكبد لتخليق بروتين صفار البيض Vitellogenin ، الذى ينتقل بواسطة الدم إلى البويضات لتمتصه بتحكم هرمونات تنشيط الجنس ( الجونادوتروپين ) . وتتضمن بروتينات صفار البيض Vitellogenin نوعين رئيسيين من البروتينات هما الفوسفيتينات phosvitins والليوفيتيلينات lipovitellins ، والتي تتحد داخل البيض لتكون حوصلات المح أو الصفار yolk vesicles ، التي تكون حوالى ٩٠ ٪ من كتلة بيض السمك .

وجدت تركيز عالية من حمض الاسكوريك في مبايض السمك ، وهذه التركيزات تختلف حسب الحالة الفسيولوجية ( مما هو فى الثدييات ) أو دورة التناسل كما لوحظت فى المبروك والقذ ( بكلا ) . فقد لوحظ

ارتفاع تركيز الفيتامين خلال نمو المبيض ، يعقبها انخفاض في آخر المراحل قبل التبويض . وهذه النتائج تتطابق مع المرحلة الأكثر نشاطاً لإنتاج استرويدات الجنس ، أي تعكس طلب محتمل لحمض الاسكوربيك في تفاعلات الهيدروكسلة المطلوبة لتخليق الستيرويدات في خلايا حويصلات المبيض .

ويشارك حمض الاسكوربيك في تفاعلات بيوكيماوية عديدة في الخلايا الحية . وأحد مشاركاته الهامة في الميتابوليزم ، هو عمله كعامل مساعد في تفاعلات الهيدروكسلة المنشطة إنزيميا ، حيث تعمل الاسكورات على حفظ ارتباط الحديد إنزيميا في حالة ثنائية التكافؤ . كما يشارك الفيتامين في تفاعلات إنزيمية (oxygenases) كما نح donor للهيدروجين وللفيتامين نور كذلك في التخليق الحيوي للاسترويدات الجنسية ، ولوحظ في التراوت في أثناء تخليق بروتينات صفار البيض زيادة مستوى ١٧ - بيتا - استراديول في السمك المغذى على كفاية من الفيتامين مقارنة بالسمك الذي يعاني نقصاً من هذا الفيتامين ، وبالتالي أدى ذلك لاختلاف مستويات الفيتالوجينيين في الدم . ولما كان الكوليسترول حجر بناء الاسترويدات الجنسية ، فإن نقص كوليسترول الدم يلاحظ في القراميط والتراوت في أثناء مرحلة التكاثر والمرحلة النهائية في تخليق بروتين الصفار بتأثير غير مباشر لحمض الاسكوربيك الذي يزيد بناء الاسترويدات الجنسية من الكوليسترول ، وإن زاد كوليسترول الدم في إناث التراوت الناضجة بالتغذية الغنية بفيتامين (C) .

فيؤدي الهرمون المنشط للغدد التناسلية إلى تنبيه المبيض لإفراز الاستروجين الذي يؤدي إلى تورده وتضخم الفتحة التناسلية ، وينشط الكبد لإفراز المح في الدم والذي تلتهمه الحويصلات البيضية فيزيد حجمها وحجم المبيض . وتفرز هذه الحويصلات هرمون البروجسترون الذي يؤدي إلى اتجاه نواة الحويصلة إلى جدارها . ويؤدي إفراز البروستاجلاندين إلى انقباض العضلات الإرادية للحويصلات فتخرج البويضات إلى قناة المبيض (تبويض) . وفي الذكور يؤدي الهرمون المنشط للغدد التناسلية إلى إفراز التستسترون مسبباً انقسامات الخلايا الذكرية وظهور صفات الجنس الثانوية . أما هرمون الفاسوبرسين فيسبب القذف للحيوانات المنوية والسلوك في أثناء التزاوج .

## عوامل بيئية



هيپوثالامس



عوامل انسياب الجوناوترويين



الغدة النخامية



هرمونات LH & FSH



المبيض

خلايا حوصلية	بويضات
كوليسترول	ترسيب الصفار
↓	↓
استروجين	بييض ناضج

خصائص الجنس الثانوية

كبد

تخليق البروتين



بروتين المح  
Vitellogenin

تصور مبسط للوقائع الأساسية في فسيولوجيا الأسماك

فقد وجد أن حقن الأسماك بجرعات متدرجة من هرمون استراديول - ١٧ بيتا أدت إلى زيادة فيتولوجين البلازما زيادة متدرجة مرتبطة بمستوى جرعة الهرمون ، ومرتبطة كذلك بمستويات الكالسيوم والمغنسيوم المرتبطة ببروتين البلازما . والحقن بالنخامية يؤدي كذلك إلى تبويض الأسماك ( لإفراز مناسلها ) وخفض المدة ما بين كل مرتين وضع بيض وإن لم تزد عدد مرات وضع البيض في السنة . كما استخدم لنفس الغرض الحقن بالجوناوترويين الأدمى من المشيمة مع مستخلص نخامية المبروك ، أو الحقن بهرمون الجسم الأصفر النقي ويول النساء الحوامل أو بالاسترويدات الجنسية وأسترويدات القشرة Cortical steroids . وقد يشار للكاروتينويدات في الأسماك على أن لها تأثيراً هرمونياً على النمو والخصب والنضج الجنسي والتطور الجنيني ، فتعمل صبغات كانثاكسنثين Canthaxanthin وأستكسانثين Astaxanthin كمناشطات للحيوانات المنوية ، والتغذية على الكانثاكسنثين تؤدي إلى زيادة نسبة وضع البيض . وقد مكنت استخدامات الهرمونات من إحداث تناسل في الأنواع التي لا تتناسل في المزارع أو الأحواض بما يوفر عناء استمرار شراء أسماك صغيرة كل بورة .

في بعض الأنواع كالبطى تتكاثر الأسماك بسرعة وفي أحجام صغيرة مما يزيد المنافسة في الأحواض ويقلل النمو الإنتاج لتوجيه جزء كبير من الطاقة لنمو المناسل بدلا من النمو الجسمي . ولحل هذه المشكلة إما بتثبيط نمو المناسل مباشرة أو بالتعقيم sterile أو بإنتاج عشيرة وحيدة الجنس لا تتكاثر . واستخدام التأثير المثبط لاسترويدات الجنس خاصة الاستروجين وشبيهاته والتي لها تأثير سلبي على إفراز هرمون الجوناوترويين في النخامية . والاندروجينات لها تأثير دقيق كذلك ويعتمد على الجرعة والعمر ومدة المعاملة . وقد تأخر النضج الجنسي وتحسن النمو في السلمون المعامل في التغذية بجرعة ٢٠٥ مجم إيثيل استرانول / كجم علف ويختفي أثر هذا المركب من العضلات في ظرف ١٠ أيام . وفي التراوت المعامل بالميثيل تستوستيرون ١٠ مجم / كجم لمدة ٧٢ أسبوع أعطى ١٢٥٪ معدل نمو أكبر من المقارنة وتدهورت الخصى في الذكور .

ومن المركبات المخلفة synthetic المثبطة للتناسل مركب ميثالليبيور methallibure الذي يضاف إلى الماء فيؤدي امتصاص resorption مناسل البلطى وإعطائه عن طريق الفم oral administration أكثر تأثيراً عن إضافته في الماء ، إذ تعطى نمواً أفضل وتأخر التبويض إذا وضع في حوض لمدة ٤٠ يوماً ، واستخدامه بتركيز منخفض مؤثر واقتصادي ويمكن استخدامه على مستوى الأحواض في المزارع .

وإنتاج عشائر من جنس واحد يتم عن طريق كيمائى أو بالتجين ، والتجين 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 في 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 تميز النسبة

الجنسية عن المقارنة ، بينما الجرعات ١ أو ٥ مجم / كجم للأسماك الأكبر لمدة بسيطة تزيد النمو الجسمي ونمو المناسل . فالعامله بالاسترويدات يتوقف نجاحها على الجرعة ومدة المعامله والعمر وجنس السمك ، فالجرعة اللازمه 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 اوسترايول / كجم عليقة لمدة ٣٠ يوماً عقب الفقس مباشرة ، إلا أن النمو تدهور بشده ، وقلب الجنس فى الذكور باستخدام ١٧ الفا ميثيل تستوستيرون بمعدل ٣ مجم / كجم فى أول ٩٠ يوماً .

ورغم أن التهجين فى عديد من أنواع الحيوان يعطى نسلا عقيماً infertile offspring فإن هذا ليس الحال فى السمك غالباً .