الطاقة المتاحة في الاسماك Metabolic scope

تقسيم الطاقة Partitioning of feed energy

يمكن تعريف الطاقة بأنها القابلية على اداء عمل The capacity to do work ويبرز احتياج الطاقة الى الاعمال الميكانيكية (مثلاً فعالية العضلات للحركة) والاعمال الكيمياوية (للعمليات الكيمياية التي تأخذ محلاً من الجسم) والاعمال الكهربائية (فعالية الاعصاب) والافعال الازموزية (الحافظة على سوائل الجسم لموازنة البعض مع الاخر ومع الوسط الذي تعيش فيه سواءً كانت عذبة او مالحة او مويلحة حسب ما تعيش الاسماك).

الطاقة الحرة Free energy

وهي الطاقة المتبقية والمتاحة للفعاليات البايولوجية والنمو بعد استيفاء احتياجات الطاقة للمحافظة على درجة حرارة الجسم والتي لاتعد ضرورية للأسماك، الطاقة الزائدة تفقد على شكل حرارة وهنا تكمن الاهمية الاقتصادية لكمية وكلفة الطاقة المتوفرة لنمو الحيوانات المراد تربيتها، الغذاء سوف يوفر هذه الطاقة، واحتياجات الغذاء تختلف حسب انواع الاسماك وتختلف من الناحية الكمية والنوعية وحسب طبيعة الحيوان مثلاً طبيعته في الغذاء والحجم ، الظروف البيئية ، حالة النضج،... الخ .

ان من اهم الفروق الغذائية بين الاسماك وبقية حيوانات المزرعة الاخرى ان احتياجاتها للطاقة وخاصةً لتمثيل البروتين اقل بكثير من التي تحتاجها حيوانات المزرعة الاخرى وفيما يلي جدول يوضح كفاءة الاستفادة من الطاقة والبروتين في الاسماك والدواجن والابقار NRC,1983 .

نوع الحيوان	بروتين مأكول	طاقة ممثلة كيلو كالوري/غم	طاقة ممثلة بروتين كيلو كالوري/غم	النمو لكل غرام غذاء مأكول غم
الاسماك	٣٢	٢,٧	٨,٥	٠,٤٤
دواجن اللحم	١٨	٢,٨	١٦	٠,٤٨
ابقار اللحم	١١	٢,٦	٢٤	٠,١٣

غم - بروتين نمو/ غم - بروتين مستهلك	غم بروتين نمو/١ميكا كالوري طاقة مستهلكة
٠,٣٦	٤٧
٠,٣٣	٢٣
٠,١٥	٦

يتم تلخيص الاسباب التي تجعل احتياجات الاسماك من الطاقة اقل من باقي حيوانات المزرعة الاخرى فيما يلي :

١. ليس على الاسماك ان تحافظ على درجة حرارة جسمها ثابتة كما في حيوانات المزرعة الاخرى ذات الدم الحار والتي تفقد طاقة لتثبيت حرارة جسمها .
٢. الاسماك تفقد طاقة اقل بكثير لتثبيت وضعها في المياه وذلك على عكس حيوانات المزرعة الاخرى .

٣. تفرز الاسماك نواتج هدم البروتين على صورة امونيا وذلك على عكس حيوانات المزرعة الاخرى والتي تفرز نواتج هدم البروتين على صورة يوريا او حمض يوريك الغنيين بالطاقة.

يجب ان تراعى في تغذية الاسماك كما في الحيوانات وحيدة المعدة كمية الطاقة الداخلة مع الغذاء فأن اي زيادة او نقص في الطاقة سيؤدي الى انخفاض معدلات النمو ولأن الاسماك تحتاج الى الطاقة اولاً لحفظ الحياة والحركة فأنها عند النقص في مصادر طاقة الغذاء تلجأ الى هدم البروتين لتحصل على الطاقة، وبالتالي لا تتوفر احتياجات النمو من البروتين اما عند تغذيتها على علائق تحتوي على زيادة في الطاقة فأنها كغيرها من الحيوانات تجوع وتشبع للطاقة لذلك تتوقف عن التغذية الامر الذي يؤثر على كمية البروتين اللازم للنمو ولقد وجد العالم Borywatpalin (1978)، ان الطاقة وليس البروتين هي التي تحدد كمية الغذاء المتناول، كما ان الزيادة في الطاقة الغذائية يمكن ان تؤدي الى ارتفاع نسبة الدهن في الجسم الامر الذي يعد غير مرغوب لإنتاج اسماك ذات دهون عالية مما يعرضها لسرعة التلف ويتم الاستفادة من الطاقة الغذائية على صورة طاقة كليةُEnergy Gross (GE) يمكن تقديرها اما عن طريق استخدام المسعر الحراري والذي فيه يتم صرف المادة الغذائية في جو مشبع بالأوكسجين، بإستخدام المعاملات الحرارية الخاصة بالبروتين والدهن والالياف والكربوهيدرات ٥,٦ ـ ٨,٨ – ٤,٤ كيلو كالوري /غم على الترتيب وهي عبارة عن كمية الطاقة الناتجة من صرف ١غم من هذه المواد في المسعر الحراري .

يتم تقدير الطاقة النوعية عن طريق تجارب الذبح المقارن وذلك لمعرفة محتوى الاسماك من الطاقة في بداية فترة التغذية وفي نهايتها بعد مدة من الزمن والفرق بينهما هو الطاقة التي ترسبت في الجسم .

تحصل الاسماك على الطاقة اللازمة للمحافظة على الحياة وللقيام بالعمليات الحيوية عن طريق اكسدة المواد الغذائية شأنها في ذلك شأن الحيوانات الاخرى فمن طاقة الغذاء الكلية Gross energy التي يحتويها الغذاء المأكول يفقد جزء مهم وهو ماتحتويه الفضلات من الطاقة غير المهضومة Fecal energy (FE) ويرمز للطاقة الكلية (GE) وهي الطاقة الكلية المحتوية في الغذاء وليس جميعها متاحة للحيوان، اذ ان التراكيب الغذائية المختلفة تختلف في مدى احتوائها على الطاقة، ويمتص الجهاز الهضمي الطاقة الموجودة في الغذاء او المواد الغذائية التي تم هضمها وتعرف بطاقة الغذاء المهضوم Digestible energy (DE) الطاقة المهضومة (DE) هي الطاقة الكلية مطروح منها الطاقة المطروحة مع الفضلات (علاقتها مع معامل الهضم) اذ ان معامل الهضم هو الذي يحدد كمية الطاقة المهضومة والمتاحة . ان الطاقة المتاحة Building blocks للنمو وهي المتبقية من الطاقة المصروفة للميتابولزم والتكاثر و ..الخ من المجهزة .

الميتابولزم هو جميع العمليات الكيمياوية والطاقة للجسم وجميع عمليات البناء للمواد الغذائية كمادة حية ويتضمن عمليات خزن الطاقة anabolism كدهن وبروتين وكربوهيدرات وتحويلها الى Catabolism لطاقة حرة للشغل والنمو ويفقد جزء من الطاقة المهضومة اثناء عمليات تمثيل الغذاء وهو ماتتضمنه الطاقة الموجودة في البول urine (UE) وفي افرازات الخياشيم

excretions Gill (ZE) وفي الأفرازات المختلفة التي تخرج من سطح الجسم في الاسماك Body surface excretions (SE) مثل المخاط Musus لتتبقى الطاقة التي تعرف بطاقة التمثيل Metabolizable energy(ME) وبذلك فأن الطاقة الايضية او طاقة التمثيل هي الطاقة المأخوذة من الغذاء (الكلية) مطروح منها طاقة الفضلات مطروح منها طاقة الغاز الناتج من الهضم مطروح منها طاقة الغلاصم مطروح منها طاقة طرح اليوريا .

وتتضمن طاقة التمثيل ME قسمين هامين :

الاول يعرف **بالطاقة الصافية Net energy (NE)** وهو الجزء الذي يستغل في عمليات الانتاج Production energy (NEP) .

والثاني هو ما يعرف بالطاقة الحافظة **Maintenance energy (NE_m)** وتعرف الطاقة الصافية احياناً بالطاقة المستعادة Recovered energy (RE) وتمثلها طاقة الغذاء التي تم حفظها بالفعل في انسجة الاسماك في صورة مفيدة اي التي استغلتها الاسماك في عمليات النمو والتناسل لتكوين الكميتات الجنسية تتضمن الطاقة الحافظة NE_m والتي تستغل في حفظ الجسم والحياة وعمليات الهضم والامتصاص فأنها تنقسم الى:

١. **طاقة التمثيل القياسي Standard metabolism (SM) او Basal metabolism (BM) او القاعدي**

وهي الطاقة المطلوبة حتى يحافظ الحيوان على حياته وتعرف بأنها اقل كمية من الحرارة اللازمة لحياة سمكة تعيش تحت ظروف هادئة وتيار هادىء من الماء بعد ان تكون قد امتصت الغذاء المهضوم لآخر وجبة لها . اي عندما تكون الاسماك في حالة راحة ولا تتناول غذاء ولا تتحرك اي الطاقة اللازمة لتشغيل الاجهزة الخاصة بالدورة الدموية والاعصاب والتنفس وهو يعتبر اقل فقد حراري وتستغل هذه الطاقة للحفاظ على النشاط الخلوي الحيوي Vital cellular activity، وفي التنفس وفي استمرار الدورة الدموية وهي تختلف في طريقة تقديرها عن معدل التمثيل القاعدي Basal metabolic rate (BMR) الذي يقدر في الحيوانات الثدية التي تعيش على الارض (حيث تقدر في غرف مكيفة الحرارة وفي سكون وراحة تامين) فالأسماك لا يمكن وقف حركتها او تحييدها في الماء او اي محاولة في هذا الاتجاه تؤدي الى زيادة الطاقة المفقودة في محاولاتها في تحرير نفسها .

٢. **طاقة النشاط البدني الاختياري Voluntary activity (VA)** وهي طاقة النشاط الذي تبذله السمكة لتسبح بطريقة عادية اختيارية ولتصحيح وضعها في الماء .

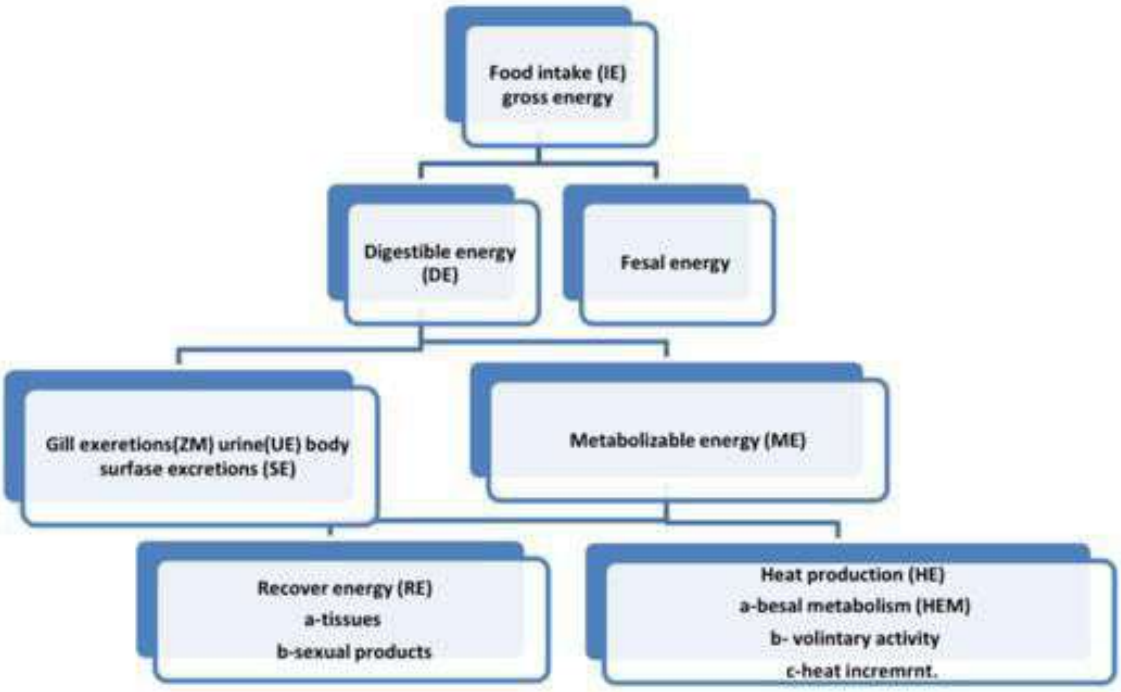
٣. **طاقة التمثيل الروتيني Routine metabolism** وهو يساوي التمثيل القياسي او القاعدي مضافاً اليه الحركة العادية لتناول الغذاء.

٤. **طاقة التمثيل الغذائي Feeding metabolism او الطاقة المفقودة المصاحبة لعمليات التغذية والتي قد تعرف بالزيادة الحرارية Heat increment (HI) او الفعل الديناميكي الخاص Spesificdynamis action (SDA)** وهي الفقد من الطاقة المرتبط بالتغذية ونوعية الغذاء وهي الحرارة التي تطلق اثناء التفاعلات الكيميائية المرتبطة بعمليات التغذية المختلفة مثل الهضم والامتصاص والهدم والبناء، وطاقة اخراج الفضلات اذ تزداد

بزيادة مستوى الالياف في الغذاء وتنخفض مع استعمال اغذية عالية القيمة مثل المركزات، ومع ان هذه الطاقة قد تصل الى ٢٠% من طاقة الغذاء المأكول في بعض الاحيان تبعاً لنوعيته اذ تزداد بأرتفاع نسبة البروتين فان بعض التقديرات المباشرة للطاقة Direct calorymetery تشير الى انها اقل كثيراً في الاسماك اذا ما قورنت بتلك اللازمة للحيوانات التي تتنفس الهواء وتبلغ ٣ – ٥ % من الطاقة الممثلة (ME) مقابل ٣٠% في حالة الحيوانات الثدية .

٥. **طاقة التمثيل النشط Active metabolism** وهو الفقد من الطاقة في حالة الحركة والقتال والسباحة لمسافات طويلة (الهجرات) .

وتم تقسيم الطاقة المفقودة من الاخراج الى ثلاثة اجزاء الاول الطاقة المفقودة مع الروث والجزء الخارج مع البول ومن الخياشيم ثم هناك جزء صغير يفقد مع فقد الغشاء المخاطي.
وفيما يلي شكل يوضح تحويلات طاقة الغذاء المتناول داخل الاسماك

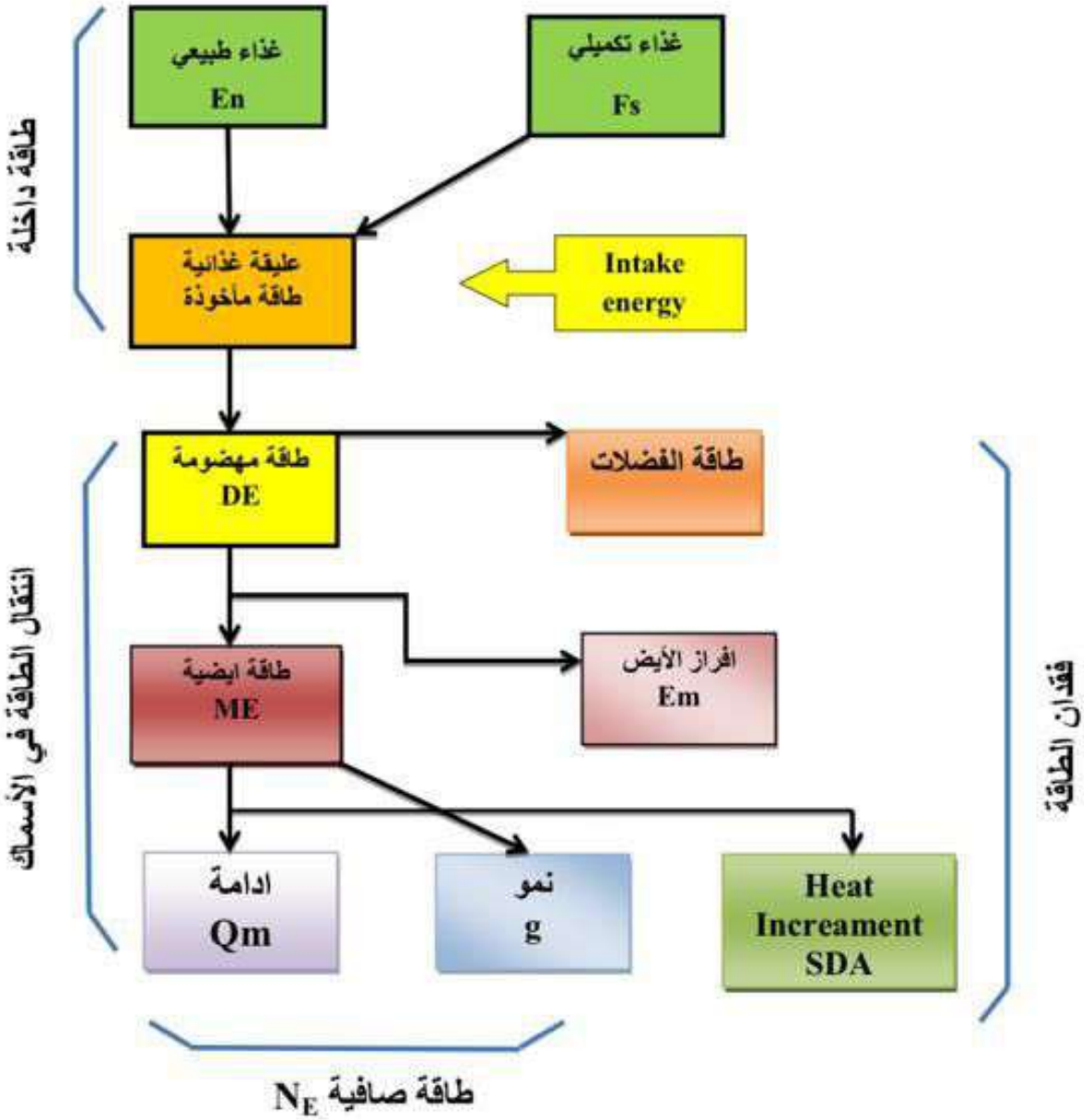


ولقد اقترح العالمان Brett and Groues (١٩٧٩) معادلات عامة توضح صور فقد الطاقة في كل من الاسماك اكلة اللحوم والاسماك العشبية ، فقد فرضا ان كمية الطاقة المتناولة في الغذاء تساوي ١٠٠ وبناء عليه يتم توزيع الفقد في الطاقة على النحو التالي :

١. بالنسبة للأسماك أكلة اللحوم
١٠٠= ٢٩ للنمو + ٤٤ للتمثيل الغذائي + ٧ في البول + ٢٠ في الروث .
٢. بالنسبة للأسماك العشبية
١٠٠= ٢٠ في النمو + ٣٧ للتمثيل الغذائي + ٢ في البول + ٤١ في الروث .

وقد اوضحا ان الفرق بين الفقد الحراري او الطاقة في كلا النوعين من النمو التالي:

في الاسماك آكلة اللحوم نلاحظ ان مجموع الفقد الحراري تساوي ٧١% من اجمالي الطاقة الكلية (GE) التي تتناولها الاسماك وهي تعد احتياجات حافظة وضرورية لحياة الاسماك آكلة اللحوم، بينما يخصص ٢٩% من اجمالي الطاقة الغذائية للإنتاج او ما يطلق عليه الاحتياجات الانتاجية، وهي عادةً ما يطلق عليها الاحتياجات الصافية للنمو Net energy for growth اما في الاسماك العشبية فنجد ان الاحتياجات الحافظة لها تصل الى ٨٠% من جملة الطاقة الغذائية ويذهب فقط ٢٠% الطاقة الغذائية للنمو. والاسماك آكلة الحيوان تفقد جزءاً من الطاقة اثناء التمثيل الغذائي وذلك للتخلص من النتروجين ونزع مجموعة الامين (NH_3) فتفقد في هذه المرحلة طاقة اعلى من التي تفقدها الاسماك العشبية كما ان النتروجين الخارج سيكون محملاً بجزء من الطاقة مما يجعلها تفقد مع البول طاقة اعلى من التي تفقدها الاسماك العشبية غير ان الاخيرة ونتيجةً لكونه معظمه مصادر غذائية نباتية تحتوي على نسب عالية من الألياف فأن الطاقة المفقودة عن طريق الروث تكون فيها اعلى من الاسماك آكلة اللحوم .



مخطط انتقال الطاقة وفقدانها في الأسماك

ومن الجدير بالذكر ان هناك بعض العوامل البيئية التي تؤثر على كفاءة التمثيل الغذائي للطاقة، نذكر منها درجات الحرارة ومعدل سريان الماء ، فنجد ان الفقد الحراري مع زيادة معدل سريان الماء، فنجد ان الفقد الحراري يزداد مع زيادة معدل سريان المياه نتيجة لفقد الطاقة في السباحة او مقاومة التيار والمحافظة على ثبات الوضع في الماء كما ان لدرجة الملوحة تأثيراً على زيادة الفقد في الطاقة والتي تقوم به الاسماك بهدف ضبط ضغطها الازموزي حتى لا تفقد سوائل جسمها ويحدث لها جفاف نتيجة لزيادة ملوحة المياه المحيطة بها . كما ان فرات الاضاءة لها تأثير موجب على استهلاك الاوكسجين فقد وجد بأنه بزيادة عدد ساعات الاضاءة سواء الطبيعية او الصناعية يزداد استهلاك الاسماك للأوكسجين نتيجة لاستمرار نشاط الاسماك مع وجود الضوء وبالتالي يزداد فقد الطاقة المستهلكة .

تقوم الاسماك بتغطية كافة احتياجاتها الحرارية الحافظة واللازمة لأنشطتها الاساسية قبل ان توجه فائض الطاقة الصافية (NE) الى النمو او الانتاج، ويوضح الشكل التالي توزيع الغذاء المأكول (GE) وعلاقة ذلك التوزيع بالمستوى الغذائي، ويلاحظ ان طاقة التمثيل القياسي ثابتة تقريباً فهي ترتبط في الأساس بعدد من العوامل منها درجة الحرارة (طردي) حجم الأسماك (عكسي) وعمر الاسماك (عكسي) ونوع التغذية و التجويع (تقل عند التجويع) والنشاط الفسيولوجي والتعرض للضوء(طردي)، وتزداد طاقة التمثيل القياسي ايضاً بزيادة كافة العوامل التي تؤدي الى زيادة النشاط البدني Physical activity مثل زيادة سرعة التيار المائي Water flow و الازدحام وتجمع المخلفات كما تتأثر خصائص المياه الكيميائية والطبيعية مثل نقص مستوى الاوكسجين الذائب وزيادة ثاني اوكسيد الكاربون وزيادة درجة الملوحة والتغير في قيمة PH الوسط، اما الطاقة اللازمة للنشاط البدني الاختياري Voluntary activity (VA) فهي ترتفع قليلاً بارتفاع المستوى الغذائي وتقل بنقصه .

وتزداد الطاقة المصاحبة لعمليات (SDA)او (HI) باطراد مع زيادة المستوى الغذائي ، كما تزداد ايضاً الطاقة التي تفقد في البول وعن طريق افرازات الخياشيم بزيادة هذا المستوى. وقد درس Beamish العلاقة بين المستوى الغذائي (٤ مستويات مقدرة كنسب مئوية من الوزن ٨,٦,٤,٢%) وبين الطاقة المصاحبة للتغذية في اسماك القاروص ذات الفم الكبير التي تسبح بسرعة ثابتة لوجودها في نفق خاص بجهاز قياس معدل التنفس Respirometer تتدفق فيه المياه بسرعة ثابتة ويقدر الجهاز الاخير كمية الطاقة المبذولة عن طريق التغير في كميات الاوكسجين الذائب في المياه الذي يرتبط مباشرةً بكميات الاوكسجين المستهلكة والتي تزداد بعد التغذية مباشرةً نتيجة لطاقة الفعل الخاص للغذاء SDA المنطلقة، وقد وجد Beamish ان هذه الطاقة لم تتغير كثيراً مع تغيير اوزان الاسماك (في المدى بين ٩ – ١٩٠ غم) ولكنها تتغير بصورة اوضح مع كميات الغذاء المستهلكة، فقد ارتفعت كميات الاوكسجين المستهلكة عقب عمليات التغذية ويبلغ اقصى مدى لها ما بين ٨٠ – ١٠٠ % من طاقة التمثيل النشط

metabolic rate Active واستمر هذا الارتفاع لفترة تتراوح بين ١ - ٢ ساعة بعد التغذية . وقدر ان مستوى الطاقة الممثلة عند المستوى الغذائي الاعلى ٨% من وزن الاسماك في هذا النوع من اسماك القاروص هو ٣٣٩ ملغم /الاوكسجين / كغم / ساعة ، فيها ٣٥% لطاقة التمثيل الاساسي (SM). ٤% للنشاط البدني الاختياري (VA)، ٢٤% للطاقة المصاحبة لعمليات التغذية (HI) او الفعل الديناميكي الخاص للغذاء (SDA) .

وهناك ثلاث طرق رئيسة تستخدم لتقدير كميا الطاقة الحرارية المفقودة من الاسماك .

اولاً : الطريقة المباشرة Direct Calorymatry Method.

تقيس هذه الطريقة كمية الحرارة الناتجة من جسم الحيوان وذلك عن طريق قياس الارتفاع في درجة الحرارة حول الحيوان ، هذه الطريقة عرفت منذ حوالي ٢٠٠ عام ولكن لم يتم التقدير بها للأسماك بداية عام ١٩٨٢ ويتكون الجهاز الذي يستعمل في هذه الطريقة من انبوبة طولها ٩سم وقطرها ٣,٧٥سم اي حوالي ٣٠٠سم^{٣} /الدقيقة مثبت ٢ ثرمومتر الاول مباشرةً قبل دخول المياه الى الانبوبة والثاني مباشرةً بعد الخروج منها كلا الثرمومترين متصل بجهاز لتسجيل درجات الحرارة والاختلاف بين قراءتي الثرمومترين يكون راجعاً للأنتاج الحراري للأسماك

ثانياً: الطريقة غير المباشرة بواسطة قياس الاوكسجين المستهلك

Indirect calorymetry on oxygen consumbtion

وهي اكثر الطرق استخداماً لحساب الطاقة المفقودة في الاسماك ، وهي تعتمد كما سبق ذكره على قياس كمية الاوكسجين المستهلك خلال مدة محددة وضرب الناتج في معامل الاوكسجين لينتج كمية الطاقة المفقودة كحرارة .

ويختلف هذا المعامل او مايعرف بكمية الطاقة بالكالوري الناتجة عند استهلاك ١ملغم اوكسجين في تنفس الاسماك وتمييزها (كالوري/ملغم اوكسجين).

بأختلاف طبيعة المادة الغذائية التي تتناولها الاسماك ، فمثلاً في حالة الكربوهيدرات فأنه عند حرق ١مول كلوكوز تنتج عنه حرارة مقدارها ٦٧٦ كيلوكالوري كما في المعادلة التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 676\ K\ Cal$$

اي ان حرق ١ جزء كلوكوز يستهلك ٦ جزيئات اوكسجين لأنتاج ٦٧٦ كيلو كالوري حرارة . وبما ان الوزن الجزيئي للأوكسجين هو ٣٢ غم اذاً وزنه $O_2$٦ = ١٩٢ غرام

اي ان ١٩٢ غم ينتج عنها حرارة قدرها ٦٧٦ كيلو كالوري اي ان ١ غرام اوكسجين عند استعماله لحرق كربوهيدرات ينتج عنه طاقة مقدارها ٦٧٦ ÷ ١٩٢=٣,٥٢ كيلو كالوري طاقة او مايعرف ب Qox الخاصة بالكربوهيدرات ومما سبق يمكننا تحديد كمية الطاقة الناتجة اذا علمنا كمية الاوكسجين المستهلك فمثلاً اذا علمنا ان كمية الاوكسجين المستهلك كانت ٥٠ ملغم عند تمثيل الكربوهيدرات فأننا نستطيع ان نحدد كمية الطاقة الحرارية باستعمال Qox الخاصة بالكربوهيدرات وهي ٣,٥٢ وتكون في هذه الحالة ٥٠ x ٣,٥٢ = ١٧٦ كيلو كالوري . وبنفس الطريقة تم تحديد الQox الخاص بالدهون وجد انه يساوي ٣,٢٨ كيلو كالوري /غم اوكسجين. وكذلك بالنسبة للبروتين فقد وجد انه اذا كان الناتج النهائي لهدم البروتين هو الامونيا فأن Qox تكون ٣,١٩ كيلو كالوري /غم اوكسجين اما اذا كان الناتج النهائي للهدم يوريا فأن الQox يساوي ٣,٢٥ كيلو كالوري /غم O_2 . ويتم قياس الاوكسجين المستهلك بأستخدام جهاز خاص يقوم بحساب كميات المياه الداخلة (معدل السريان في حدود ٢ لتر / دقيقة ويتم قياس كمية

الاوكسجين وتركيزه في المياه قبل دخوله الى حوض الاسماك . ثم يتم قياس كمية تركيز الاوكسجين في المياه بعد خروجها من الحوض والفارق بين القراءتين يتم تسجيله بواسطة جهاز الحاسوب الالي لتحديد كمية الاوكسجين المستهلك. يتم هذا على مدى 24 ساعة ولمدة اسابيع عديدة لعمل متوسط للإنتاج الحراري وبمعرفة وزن الاسماك يمكن تحديد الانتاج الحراري او الفقد الحراري الكلي لكل يوم او ساعة لكل 1 كيلوغرام من الاسماك.

ثالثاً: القياس غير المباشر القائم على قياسات الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والأمونيا

Indirect Calorimetry Basedon mrasurements of oxygen, carbon Di-oxide and Ammonia

وتعتمد هذه الطريقة على قياس الاوكسجين المستهلك وثاني اوكسيد الكاربون الناتج من عملية التمثيل الغذائي وكذلك قياس الامونيا الناتجة من تمثيل البروتين . ويتم تجميع كل نواتج الاخراج. وتعد هذه الطريقة من اصعب الطرق في قياس الطاقة الا انها من ادقها ، وقد اجريت دراسات كثيرة حيث اثبتت ان الفروق بين الطريقتين غير المباشرتين ليست كبيرة وليست معنوية مما يوضح لنا كمية الاعتماد على الطريقة غير المباشرة الاولى والتي يتم فيها قياس الاوكسجين فقط.

مفهوم الطاقة المتاحة The concept of metabolic scope in fish

استعرضنا فيما سبق تقسيم طاقة الغذاء المأكول وعرفنا طاقة التمثيل القياسي (SM) والتي نقصد بها بصفة عامة اقل قدر ممكن من الطاقة التي تحتاجها الاسماك للمحافظه على العمليات التمثيلية الاساسية ، ونرمز لها بالرمز (RS) . ويمكن بالمثل ان نعرف مستوى اخر للطاقة لا يمكن للاسماك تجاوزه اي اقصى طاقة تستطيع الاسماك ان تنتجها عند اعلى مستوى لتمثيل المواد الغذائية في اجسامها وهو ما يعرف بطاقة التمثيل القصوى Maximum (R max) metabolic rate ، ويطلق عليه ايضاً معدل التمثيل الغذائي النشط Active metabolic rate وهو بالطبع اعلى من مستوى التمثيل الطبيعي للاسماك في الظروف العادية (R). ولا تستطيع الاسماك الاستمرار في المياه اذا تعدى انتاج الطاقة هذين الحدين الا لفترات قصيرة جداً . فالاسماك تموت سريعاً اذا لم تتمكن من انتاج كمية من الطاقة تكفي للحد الادنى اللازم لوظائفها الحيوية ، اي اقل من طاقة التمثيل القياسي (SM)، كما تموت ايضاً اذا ارغمت على انتاج قدر من الطاقة يفوق طاقة التمثيل القصوى (R max) . ولهذا فلا بد للأسماك من ان توازن بين انتاج الطاقة واستهلاكها لتستمر دائماً بين هذين الحدين ، ويعرف الفرق بين هذين الحدين بالطاقة المتاحة Metabolic scope . واثبتت الدراسات العديدة التي تمت حول هذا الموضوع ان نشاط الاسماك يرتبط ايضاً بالطاقة المتاحة وليس بطاقة التمثيل .

ويختلف التعريف السابق للطاقة المتاحة عن تعريف مشابه يعرف بالطاقة المتاحة للنمو Scope for growth والذي قد يصادفه القاريء في بعض الدراسات وهو عبارة عن الفرق بين طاقة الغذاء الذي تستهلكه الاسماك وبين جملة الطاقة المستهلكة والمفقودة ولا تستطيع الاسماك ان تنظم او تتحكم في الطاقة اللازمة للتمثيل القياسي (RS) ، لذلك فهي تضطر اولاً لتغطية هذه الاحتياجات من رصيدها من الطاقة المتاحة بصرف النظر عن متطلباتها الاخرى ومع هذا فقد تتمكن الاسماك من ان تخفض من احتياجاتها من هذه الطاقة عن طريق ما يعرف بالتنظيم الحراري السلوكيthermoregulationBehaviourol وذلك بأنتقالها الى طبقات مائية ذات حرارة منخفضة فتنخفض طاقة التمثيل القياسي تبعاً لذلك ، غير ان هذا قد لايكون ممكناً تحت ظروف التربية الزراعية . اما الطاقة اللازمة لعمليات الغذاء او التغذية (RF) والتي تتراوح غالباً بين ٥ – ٢٠ % من حجم طاقة الغذاء المأكول Ingested energy فمن الممكن للاسماك ان نسيطر عليها بالامتناع عن التغذية او الحد من كمية الغذاء المأكول الا ان اهم فرص الاسماك لتنظيم توزيع الطاقة المتاحة لها تكون في السيطرة على الجزء المطلوب للحركة والنشاط الاختياري (RA)، مع ان النشاط الحركي للأسماك ممكن ان يستهلك بمفرده كل الطاقة المتاحة للاسماك . ويعني هذا ان هناك دائماً تعارضاً مستمراً بين احتياجات الطاقة لكل من النشاط الحركي (RA) وعمليات التغذية (RF)فاذا كان على الاسماك ان تتحرك بأقصى سرعتها فانها لا تتمكن غالباً من القيام بأي من عمليات الهضم للغذاء في نفس الوقت. ويمثل هذا التعارض اساس ما تواجهه السمكه من صعوبة مستمرة في موازنة توزيع طاقتها المتاحة على متطلباتها المختلفة .

العوامل التي تؤثر في احتياجات الطاقة .

هناك مجموعة من العوامل التي تغير من احتياجات الطاقة للأسماك ويجب ان يكون هناك توازن بين معدل التغذية وهذه العوامل لمنع حصول التغذية فوق اللازم ومن هذه العوامل :-

١. **درجة الحرارة :**

في حالة انخفاض درجة حرارة البيئة فالحيوانات ذات درجات الحرارة الثابتة تزيد من مستوى الأيض عن طريق زيادة الحرارة المفقودة للمحافظة على درجة حرارة جسمها ثابتة .

معظم الاسماك لا تحاول المحافظة على درجة حرارة اجسامها المخالفة للبيئة فعند انخفاض درجة حرارة الماء تنخفض درجة حرارة الجسم للأسماك وينخفض مستوى الأيض وهذا المستوى يسمح للسمكة بالبقاء طويلاً تحت الثلج عندما تكون كمية الغذاء قليلة ، وهنا تخصيصه لتكيف الأيض للتغييرات في درجات الحرارة للبيئة وكل نوع له درجة حرارة مفضلة تكون فيها الافعال اكثر كفاءة فأذا زادت درجة حرارة البيئة تدريجياً فأن الأسماك سوف تبحث عن درجات حرارة مناسبة اكثر منها وهذه الدرجة تكون فيها الاختلافات بين احتياجات الادامة وتناول الغذاء الطوعي على اكبر ما يكون وعندها يحصل افضل كفاءة للنمو .

٢. **جريان الماء :**

ان الطاقة المستعملة للفعاليات الفيزياوية لا تكون متاحة للنمو والاسماك التي تجبر على السباحة في تيارات ماء قوية سوف تقضي طاقة المفروض ان تستخدم للنمو .

٣. **حجم الجسم :**

الحيوانات الصغيرة تنتج حرارة اكثر لوحدة الوزن عنه في الحيوانات الكبيرة فالأسماك الصغيرة يجب ان تتغذى بنسبة عالية من وزن الجسم عنه في الاسماك الكبيرة في اللبائن يشكل الايض ٤/٣ اس الوزن $W^{٠.٧٥}$ الاس المقبول للأسماك والمسجل من ١.٥ – 0.34 ، اما العامل $W^{0.8}$ فهو المستعمل دائماً فقد اثبتت الدراسات ان التراوت القزحي ذي الوزن من 1-2 غم له معدل ايضي قريب الى $W^{1.5}$ والاسماك من وزن 4-50 غم لها معدل ايض $W^{0.63}$.

٤. **مستوى التغذية :**

لمستوى التغذية تأثير على الطاقة المصروفة من قبل الاسماك وهذا مهم في تصميم انظمة التربية ويعتبر الاوكسجين هو العامل المحدد في تربية الاسماك كما ان استهلاك الاوكسجين يزداد قليلاً بعد التغذية بسبب الفعاليات الفيزياوية للتغذية والحرارة لأيض المواد الغذائية ان احتياجات الاوكسجين تختلف ايضاً مع مستوى التغذية ويبدو عالياً عند مستوى الادامة عندما يتأكد جميع الغذاء في حالة المستويات العالية من التغذية عندها تخزن اكبر كمية من الطاقة على اساس النمو .

٥. **هجرة الاسماك :**

في دراسة على اسماك السلمون وجد ان انثى السلمون تستعمل 96% من محتوى الجسم من الدهن و 53% من البروتين عند نهاية الهجرة من البحر الى بحيرات التفريخ وقد قدرت الطاقة اليومية المصروفة من ذكور واناث السلمون اثناء الهجرة 13 فكانت 43 كيلو سعرة لكل كيلو غرام من وزن الجسم اي حوالي 80% من المعدل الاقصى الذي يمكن الاحتفاظ به وهناك بالطبع اختلافات في احتياجات الاسماك حسب انواعها وقد يعود هذا الى اختلاف سرعات السباحة والى اختلاف قدرة تحمل الانواع المختلفة من الاسماك.

٦. **عوامل اخرى :**

اي شيء يجعل الاسماك غير مرتاحة يزيد من الفعالية الفيزياوية ويقلل النمو كالازدحام، الاوكسجين المنخفض، تراكم الفضلات وكذلك نوع الاسماك، حجم الاسماك، عمر الاسماك، نوع التغذية، الفعالية الفسيولوجية، وحدة التعرض للأضاءة والعوامل البيئية، الحالة الكيميائية للماء، نشاط الاسماك والتجويع .