غذاء وتغذية الاسماك

الطاقة

د.عادل يعقوب الدبيكل

الطاقة Energy

المغذيات الاساسية

البروتين
الدهن
الكربوهيدرات
} تجهز الطاقة

الفيتامينات
المعادن
} تساعد في استخدام الطاقة للنمو- التكاثر – تعويض الانسجة

الماء
} تبادل السوائل في الخلايا والانسجة

الطاقة Energy

الطاقة ضرورية للبقاء لجميع الكائنات الحية. تحصل معظم النباتات على طاقتها مباشرة من الشمس وتستخدم تلك الطاقة لتركيب الجزيئات المعقدة التي تشكل الأجزاء الهيكلية والتخزينية للنبات. لا يمكن للحيوانات الاستفادة من الطاقة المباشرة من الشمس.تحصل على الطاقة اللازمة من أكسدة الجزيئات المعقدة التي يتناولها الحيوان. الطاقة في التغذية غير متاحة حتى يتم تقسيم الجزيئات المعقدة إلى جزيئات أبسط عن طريق الهضم. ثم يتم امتصاص منتجات الهضم في جسم الحيوان حيث تحدث عمليات الأكسدة التي تطلق الطاقة.

ايض الطاقة في الأسماك مشابه لذلك في اللبائن والطيور مع استثناءين ملحوظين. هذه الاستثناءات هي:

(أ) لا تستهلك الأسماك الطاقة للحفاظ على درجة حرارة الجسم (متغيرة درجة الحرارة Poikilothermic)

(ب) إن إخراج مخلفات النيتروجين يتطلب طاقة أقل في الأسماك مما يتطلبه في الحيوانات الارضية (ثابتة درجة الحرارة Homeothermic)

هناك اختلافات كبيرة في قدرة الأنواع المختلفة من الأسماك على هضم المواد الغذائية. أنواع الأسماك اما النباتية تماما او مختلطة او مفترسة.
الاحتياجات الغذائية تختلف للأنواع المختلفة من الأسماك بشكل كبير.
يجب تحديد احتياجات الاسماك الغذائية واختيار المواد الاولية التي تلبي هذه الاحتياجات غذائيا و اقتصاديًا.

تفقد الطاقة من جسم السمكة في الفضلات وعن طريق الكلية والافرازات الخيشومية وكحرارة. كما يتم فقدان كميات صغيرة من سطح الجسم الخارجي.
الطاقة المفقودة بسبب الحرارة تأتي من ثلاثة مصادر يصعب قياسها بشكل منفصل

١) الايض الغذائي القياسي
٢) النشاط الطوعي
٣) حرارة ايض المغذيات

. وهذه هي:
(أ) الايض الغذائي القياسي (Standard metabolism) (SM)، وهو الطاقة اللازمة لإبقاء الاسماك على قيد الحياة ويشبه الايض الغذائي القياسي الذي يتم قياسه في الانسان. بسبب صعوبة الحصول على حيوان "بلا حركة" ، لا ينطبق تعريف الايض الغذائي القياسي على الأسماك. عندما تكون السمكة مقيدة بحالة غير متحركة ، فإنها تكافح من أجل تحرير نفسها وتستخدم طاقة أكثر مما لو سمحت للسباحة بحرية في المياه الساكنة. في الاسماك هو الحد الأدنى لإنتاج الحرارة للأسماك غير المضطربة في حالة "ما بعد الامتصاص" في الماء الثابت.
(ب) النشاط الطوعي(Voluntary physical activity)(VPA) وهو الطاقة التي تستهلكها الأسماك التي تتحرك وتبحث عن الغذاء و المحافظة على الموقع وغيرها.
(ج) حرارة ايض المغذيات، وتسمى أيضًا زيادة الحرارة أو الفعل الديناميكي الخاص (Specific dynamic action(SDA)) ، وهي الحرارة المنبعثة من التفاعلات الكيميائية العديدة المرتبطة بالغذاء المتناول. ويشمل الطاقة المستهلكة في الهضم ، والامتصاص ، والنقل ، وأنشطة البناء. كما يشمل طاقة إفراز الفضلات.

FISH BIOENERGETICS

GE:طاقة كلية

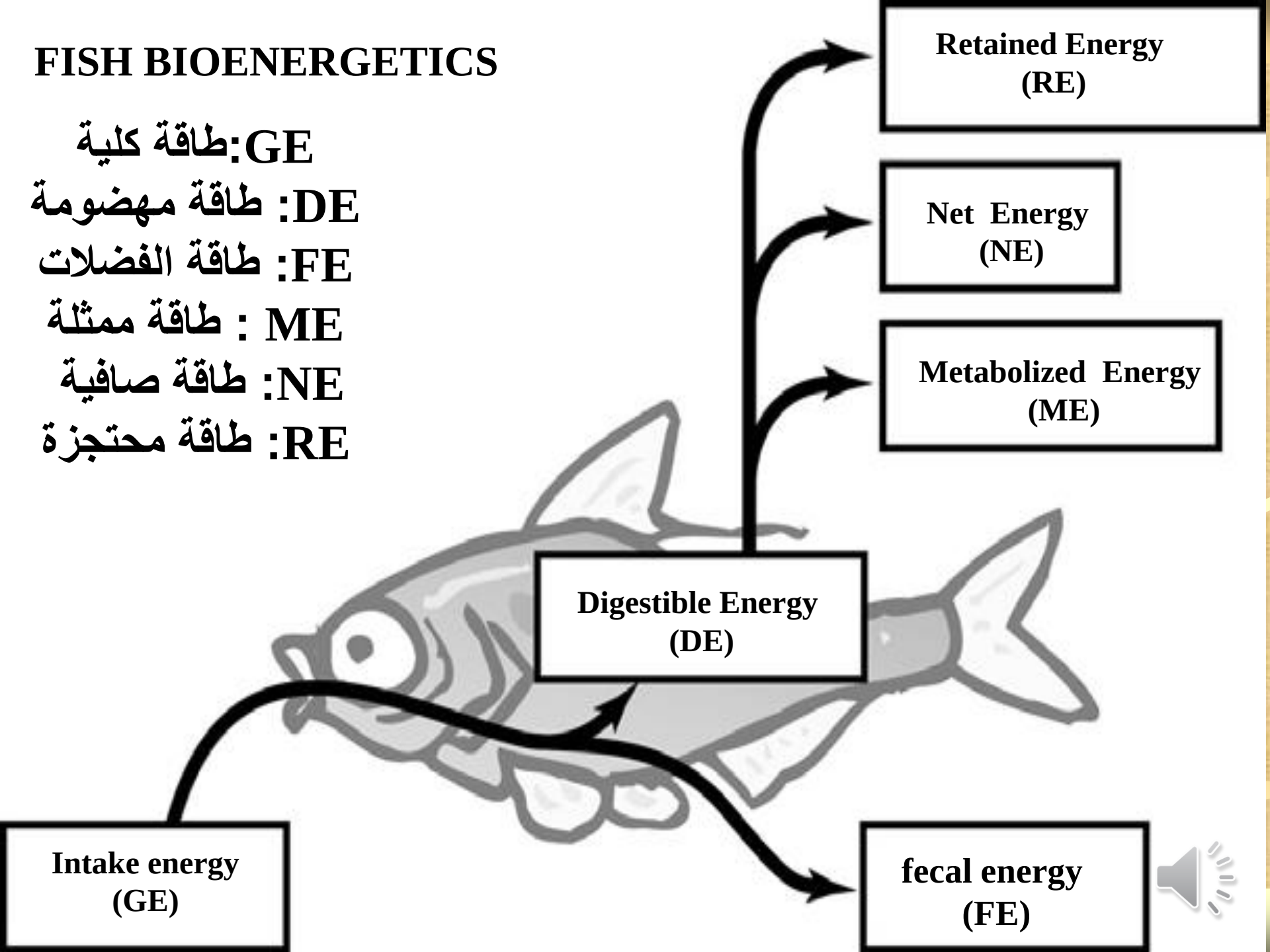
DE: طاقة مهضومة

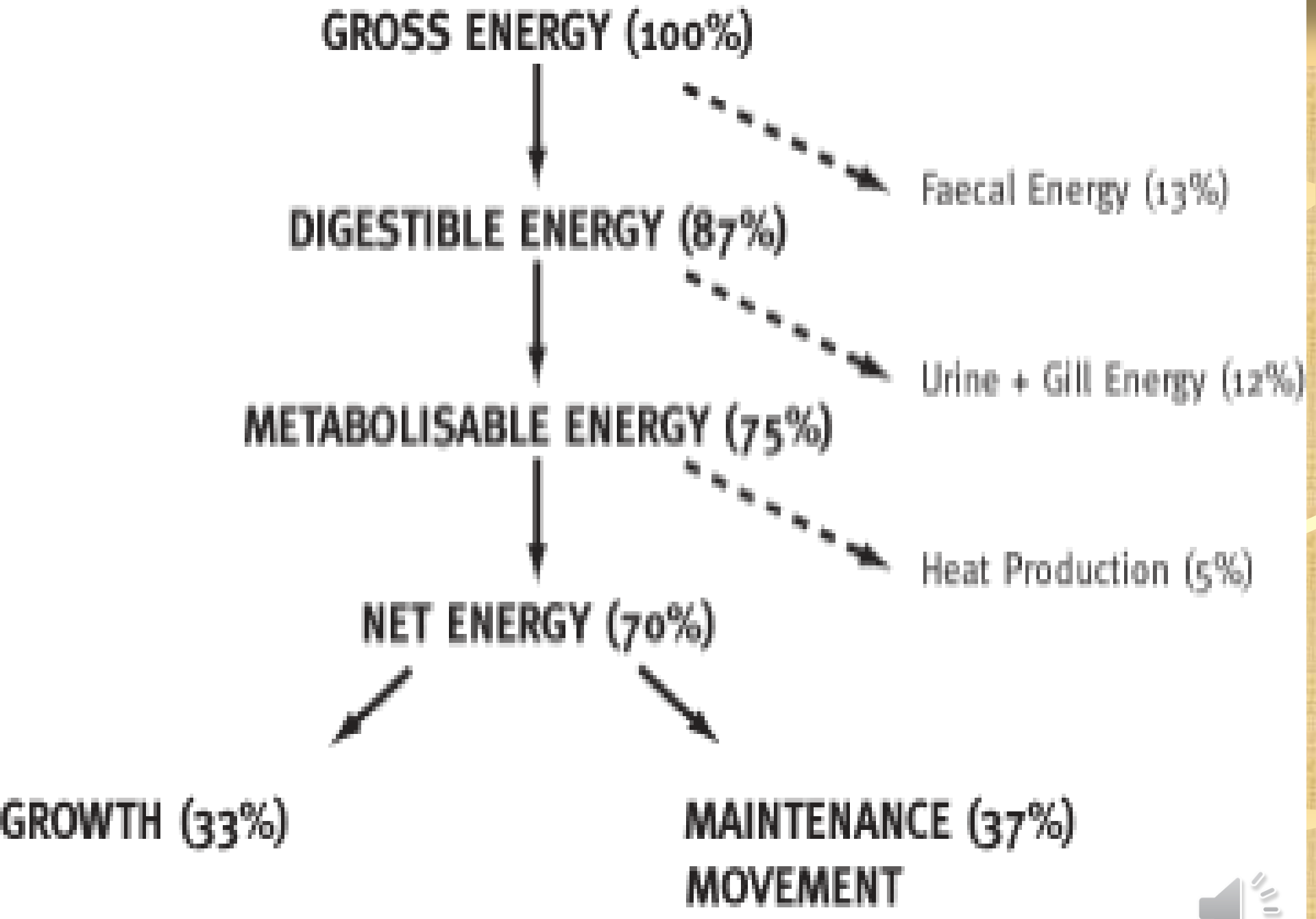
FE: طاقة الفضلات

ME : طاقة ممثلة

NE: طاقة صافية

RE: طاقة محتجزة





Energy Flow in Fish مسارات الطاقة في الاسماك

اشكال الطاقة التي تستخدمها الاسماك

- *Retained energy (tissue deposition)* طاقة محتجزة
- *Metabolic (maintenance) energy* طاقة البقاء
- *External work energy* طاقة النشاط
- *Faecal energy losses* فقد طاقة الفضلات
- *Urinary energy losses* فقد طاقة بالافراز

مصادر الطاقة ENERGY SOURCES

يتم تخزين الطاقة في التركيب الكيميائي للجزيئات المعقدة للمواد الغذائية . عندما تحدث الأكسدة ، تتحرر الطاقة وتكون متاحة للقيام بالوظائف المختلفة.
يتم توفير احتياجات الطاقة في الأسماك عن طريق الدهون والكربوهيدرات والبروتينات.

١) الدهون

الدهون هي الشكل الرئيسي لتخزين الطاقة في النباتات والحيوانات. تحتوي الدهون على طاقة لكل وحدة وزن أكثر من أي مغذي آخر. يتم هضم الدهون بشكل جيد واستخدامها من قبل الأسماك. توفر الدهون ٨,٥ كيلو سعرة لكل غرام من الطاقة القابلة للايض (ME). الأحماض الدهنية الناتجة من هضم الدهن تستخدمها معظم الأسماك بشكل جيد. هناك بعض الأدلة على أن المستويات العالية من الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة يمكن أن تخفض النمو. لكنها نادرا ما تكون مشكلة في العلائق المستخدمة عمليا.
قد تحتوي بعض المصادر الغذائية الطبيعية على ما يصل إلى ٥٠ بالمائة من الدهون. يمكن أيضًا استخدام مستويات عالية من الدهون في الأعلاف المصنعة

٢) البروتين

تستهلك الأسماك المفترسة في الطبيعة الغذاء الذي قد يحتوي على حوالي ٥٠ بالمائة من البروتين. تمتلك الأسماك نظامًا فعالًا للغاية لإخراج الفضلات النيتروجينية من البروتين الذي يتم ايضه للطاقة وبالتالي فإن العلائق عالية البروتين ليست ضارة. لكن البروتين أغلى مصدر للطاقة في العلائق المصنعة ويجب الحفاظ عليه عند الحد الأدنى ، بما يتوافق مع النمو الجيد والتحويل الغذائي ويجب استخدام الكربوهيدرات والدهون الأرخص لتزويد معظم الطاقة. البروتين له قيمة ME حوالي ٤,٥ كيلو سعرة/ غم للأسماك ، وهو أعلى من اللبائن والطيور. إن تكلفة الطاقة المنخفضة لإخراج فضلات النيتروجين في الأسماك هي المسؤولة عن ذلك.

بشكل عام ، تكون البروتينات من المصادر الحيوانية قابلة للهضم أكثر من تلك الموجودة في المصادر النباتية. يمكن أن تؤثر طرق المعالجة أيضًا على جودة البروتين. يزيد التسخين من هضم بعض البروتينات ويقلل من هضم البروتينات الأخرى.

٣) الكربوهيدرات

الكربوهيدرات هي أرخص مصدر للطاقة وأكثرها وفرة للحيوانات. معظم المواد النباتية هي كربوهيدرات. تتراوح الكربوهيدرات في المواد الغذائية من السكريات سهلة الهضم إلى جزيئات السليلوز المعقدة التي لا يمكن هضمها بواسطة الحيوانات لكن فقط من خلال علاقتها التكافلية مع البكتيريا يمكن للحيوانات المجترة استخدام كميات كبيرة من السليلوز. هناك مشاكل حول قيمة الكربوهيدرات في علائق بعض الأسماك. لكن الكربوهيدرات القابلة للهضم يمكن استخدامها بشكل جيد كمصدر للطاقة إذا تم الحفاظ عليها في توازن مناسب مع العناصر الغذائية الأخرى.

تتراوح قيم ME للكربوهيدرات للأسماك من الصفر تقريبًا للسليلوز إلى حوالي ٣,٨ كيلو سعرة/ غم للسكريات المهضومة بسهولة. يتراوح MEللنشا الخام من ١,٢ إلى ٢,٠ كيلو سعرة/غم .يمكن أن يزيد طهي النشا من MEإلى حوالي ٣,٢ كيلو سعرة/ غم. تعمل الحرارة والرطوبة المصاحبة لعملية تصنيع العلائق على تحسين هضم المواد النشوية. تعتمد قيمة الكربوهيدرات في غذاء الأسماك على مصدر ونوع الكربوهيدرات وعمليات التصنيع.

مصادر الطاقة

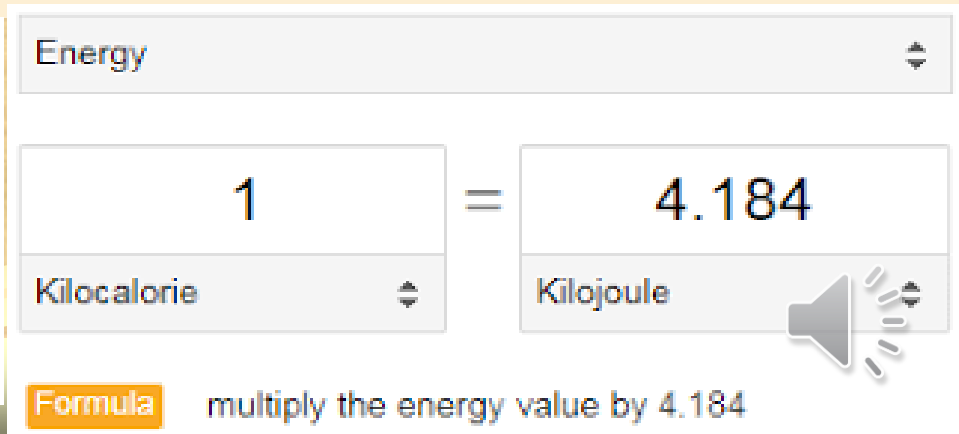
المغذيات الكبيرة	الطاقة الخام	الطاقة القابلة للايض
Macronutrient	Crude Energy (kcal/g)	Metabolizable Energy (kcal/g)[a]
Protein	5.7	3.5
Fat	9.4	8.5
Carbohydrates (nitrogen-free extract)	4.1	3.5

يمكن ان تخزن طاقة الدهن والكربوهيدرات في الجسم ، طاقة الدهن تستخدم كمصدر خزن طاقة للفترات الطويلة والكربوهيدرات للفترات القصيرة

احتياجات الطاقة في الاسماك

يجب تلبية احتياجات الطاقة للبقاء والنشاط قبل أن يحدث أي نمو. يجب أن تكون مستويات التغذية عالية بما يكفي لتوفير احتياجات البقاء والطاقة المتبقية للنمو. تنخفض كفاءة الهضم في الأسماك مع زيادة مستوى التغذية. المشكلة هي إيجاد مستوى التغذية الذي تكون فيه زيادة كفاءة استخدام الطاقة بمعدل تغذية مرتفع متوازن مع انخفاض كفاءة الهضم في معدل تغذية أعلى.

1. Carbohydrate – 17 KJ/g
2. Lipid/Fat – 38 KJ/g
3. Protein – 22 kJ/g



طاقة البقاء

كل الطاقة المفقودة بسبب الايض الغذائي القياسي و حرارة الايض الغذائي للمغذيات والنشاط الجسمي تظهر كحرارة. يمكن تحديد متطلبات البقاء عن طريق قياس الحرارة المنتجة. يمكن قياس إنتاج الحرارة مباشرة في مقياس السعرات الحرارية أو يمكن تقديره بقياس استهلاك الأوكسجين وتطبيق المكافئ الحراري المناسب. المكافئ الأكثر استخدامًا هو ٣,٤٢ كيلو سعرة / ملغم O2. هذا المكافئ هو إلى حد كبير استقراء لبيانات اللبائن ولم يتم قياسه مباشرة في الأسماك. يختلف المكافئ الحراري للأوكسجين أيضًا مع نوع الوسط المؤكسد. يمكن أيضًا تقدير طاقة البقاءعن طريق قياس فقد الطاقة أثناء التجويع.

طاقة النمو

لقد ثبت في اللبائن أن تكلفة النمو ثابتة إلى حد ما بعد طرح طاقة البقاء من الطاقة الممثلة (ME) ربما ينطبق هذا على الأسماك .

زيادة الحرارة أقل بالنسبة للأسماك من الحيوانات الارضية، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى أن الأسماك تفرز معظم فضلات النيتروجين كأمونيا من خلال الخياشيم ولا تضطر إلى صرف الطاقة لتركيب اليوريا أو حمض اليوريك. النسبة الغذائية المثلى للطاقة القابلة للهضم (سعرة حرارية) للبروتينات القابلة للهضم (غرام) لنمو الأسماك هي ٩ إلى ١١ ، مقارنة بـ ١٥ إلى ١٩ للماشية والدواجن.

نسبة البروتين إلى الطاقة P:E

يجب استخدام نسبة البروتين إلى الطاقة المثالية للأسماك في العلائق من أجل تعزيز معدلات النمو الكافية. اذا كانت كمية الطاقة عالية تؤدي لانخفاض تناول البروتين والمغذيات الأساسية وزيادة في ترسب الدهون في العديد من أنواع الأسماك .

اما اذا كانت العلائق ذات المحتوى منخفض من الطاقة فانها تزيد من استخدام البروتين كمصدر للطاقة ، مما يقلل كفاءة التغذية وتكلفة الإنتاج. بالإضافة إلى ذلك ، فإن زيادة إفراز النيتروجين بسبب إزالة الأحماض الأمينية في ايض الأسماك يؤدي لمشاكل خطيرة على بيئية لتربية الأسماك ، مما يقلل من جودة المياه.

كفاءة الاسماك مقارنة بالحيوانات

Protein retention	31%	21%	15%
Energy retention	23%	10%	27%
Feed conversion ratio	1.1	2.2	4-10
Edible meat/100 kg fed	61kg	21kg	4-10kg

العوامل التي تؤثر على احتياجات الطاقة

يجب تعديل معدلات التغذية للتعويض حسب هذه العوامل لتجنب الإفراط في التغذية مع الاستمرار في توفير الطاقة الكافية للنمو الأمثل.

١) **درجة الحرارة**:نظرًا لانخفاض درجة الحرارة الماء، يجب أن تزيد الحرارة الحيوانات ثابتة درجة الحرارة من معدل الأيض لتعويض فقدان الحرارة الإضافي للمحافظة على درجة حرارة ثابتة للجسم.

معظم أسماك المياه العذبة لا تحاول الحفاظ على درجة حرارة الجسم تختلف عن البيئة. مع انخفاض درجة حرارة الماء ، تنخفض درجة حرارة الجسم للأسماك وينخفض معدل الايض الغذائي. هناك اختلاف كبير بين الأنواع في التكيف الأيضي مع تغيرات درجة حرارة البيئية. لكل نوع درجة حرارة مفضلة يعمل فيها بكفاءة أكبر. عادة ما تكون درجة الحرارة المثالية هي التي يكون فيها الفرق بين متطلبات البقاء والاستهلاك الطوعي للغذاء هو الأكبر والذي تحدث فيه الكفاءة المثلى للنمو.

2) حجم الجسم: تنتج الاسماك الصغيرة حرارة لكل وحدة وزن أكثر من الاسماك الكبيرة لذا يجب تغذية الأسماك الصغيرة بنسبة أعلى من وزن الجسم من الأسماك الكبيرة. في اللبائن يتناسب معدل الايض الغذائي مع اس 0.75 وزن الجسم $W^{0.75}$

بينما في الاسماك تتراوح القيمة بين $W^{0.34}$ الى $W^{1.00}$

ويعتبر المعدل $W^{0.80}$ الاكثر استخداما

٣) **مستوى التغذية:** يؤثر مستوى التغذية على استهلاك الطاقة للأسماك. يصبح هذا مهمًا في تصميم انظمة تربية الأسماك.
يعتبرالأوكسجين المذاب هو العامل المحدد الأول في تربية الأسماك.
يزداد استهلاك الأكسجين بعد وقت قصير من التغذية بسبب النشاط الجسمي للتغذية وحرارة ايض المغذيات. يختلف الأوكسجين المطلوب لكل وحدة وزن من العليقة أيضًا مع مستوى التغذية ، حيث يكون أعلى عند مستوى البقاءعندما يتأكسد جميع الغذاء مقارنة مع مستوى التغذية الأعلى عندما يتم تخزين كمية اكبرمن الطاقة كنمو.

٤) **عوامل أخرى:** يمكن للعديد من العوامل الأخرى المساهمة في متطلبات الطاقة العالية. أي شيء يجعل الأسماك مجهدة يزيد من النشاط الجسمي ويقلل من النمو. ومن بين هذه العوامل الازدحام وقلة الأوكسجين وتراكم الفضلات.

احتياجات الطاقة للبقاءهي كمية الطاقة التي تحتاجها الأسماك للبقاء على قيد الحياة ، لا تكتسب ولا تفقد الوزن ، في بيئة معينة. بشكل عام ، فإن احتياجات طاقة البقاء للأسماك أقل من ١٠ ٪ من احتياجات طاقة البقاء للطيور واللبائن.

سبب ذلك إلى حد كبير إلى حقيقة أن الأسماك من ذوات الدم المتغيروبالتالي فإن درجة حرارة أجسامها تعتمد على درجة حرارة المياه المحيطة.
بينما يجب على الحيوانات ذات الدم الثابت أن تنفق طاقة كبيرة للحفاظ على درجة حرارة أجسامها.

لأن الأسماك ذات درجة حرارة منخفضة ، تؤدي زيادة درجة حرارة الماء إلى زيادة درجة حرارة جسم الأسماك. هذا يزيد من معدل التفاعلات الأيضية في الجسم ، وبالتالي زيادة احتياجات الطاقة أيضًا. ومع ذلك ، فإن الزيادة في احتياجات الطاقة لا تزداد مع درجة الحرارة بطريقة بسيطة ؛ يعتبر كل من حجم التغيير والنطاق الذي يحدث فيه عوامل مهمة. أوضحت الدراسات أن احتياجات البقاء في الأسماك تزداد بثلاثة أضعاف تقريبًا مع ارتفاع درجة حرارة الماء من ٢٠ درجة مئوية إلى ٢٤ درجة مئوية.