Sin embargo, la fibra al igual que el almidón, por sus propiedades fisicoquímicas, son utilizadas con frecuencia para la elaboración de dietas con diferentes presentaciones (pelets, hojuelas, etc.).

Son pocos los datos que se conocen sobre el efecto del exceso de carbohidratos en una dieta para peces. Sin embargo, los problemas ocasionados sobre salmónidos incluyen hiperglicemia en donde los niveles de glucosa en la sangre pueden aumentar de 70-120 mg/dl que es el rango normal hasta 300 mg/dl, provocando letargo en el pez, oscurecimiento de su piel o rechazo del alimento. También, puede ocurrir una hiperglucogenólisis hepática y aumento de peso del hígado, en donde la cantidad de glucógeno puede subir hasta 17% y el peso del hígado aumentar hasta 3% sobre el peso del pez, provocando una mayor susceptibilidad a enfermedades por parasitos, bacterias y hongos y por consecuencia un incremento en la mortalidad.

VITAMINAS

Requerimientos Nutricionales

Los requerimientos de vitaminas para trucha, salmón, bagre y anguila son conocidos.

REQUERIMIENTO DE VITAMINAS DE PECES PARA DIETAS COMPLETAS (PESO SECO)

VITAMINA	CANTIDAD (mg/Kg alimento)
Colinda (cloruro)	3000
Niacina	150
Acido ascórbico	100
Acido Pantoténico	40
Riboflavina	20
Piridoxina	10
Tiamina	10
Acido fólico	5
Vitamina B_{12}	0.02
LIPOSOLUBLES	
A	0.7
D*	0
E	30
K	80

* La vitamina D no está reportada como esencial para peces.

El requerimiento puede expresarse como mg de vitamina/peso de pez/día, sin importar el tamaño o la edad del pez o mg de vitamina/kg de la dieta, tomando en cuenta el crecimiento y envejecimiento del pez. Aun cuando ambos métodos son satisfactorios; para establecer un diagnóstico referente a alguna deficiencia vitamínica, es importante conocer cuál de los métodos fue utilizado en la alimentación de los peces.

CAPILLA ALFONSINA

La utilización de suplementos vitamínicos en las dietas son necesarios en el caso de cultivos intensivos en estanques o jaulas. Parte de la proteína puede provenir de alguno de los ingredientes de la dieta o se puede utilizar vitamina purificada. Normalmente se añaden cantidades extras de algunas de las vitaminas tales como tiamina, piridoxina y ácido ascórbico, para compensar sus pérdidas durante la elaboración y almacenamiento de la dieta.

Efectos de Exceso y Deficiencia

La diagnosis de la deficiencia vitamínica es difícil y requiere de la observación de síntomas, química sanguínea, hematología, ensayos vitamínicos de los tejidos, ensayos patológicos generales y concentración de vitaminas en la dieta. Un resumen de los síntomas causados por deficiencia de vitaminas es el siguiente:

COLINA

Bajo crecimiento; mala conversión del alimento; hemorragias en el riñón e intestinos; acumulación de lípidos neutros en el hígado; crecimiento hepático, infiltración grasa.

NIACINA

Pérdida de apetito, lesiones en el colon y recto; espasmos musculares al estar quietos; anemia; letargo; hemorragias y lesiones en la piel; tétano; sensibilidad a la luz; bajo crecimiento.

ACIDO ASCORBICO

Escoliosis y lordosis; impedimento de la formación de colágeno; alteración de los cartílagos; fragilidad de los capilares; lesiones en los ojos; hemorragias en la piel, hígado, riñón, intestino y músculo.

ACIDO PANTOTENICO

Dificultades respiratorias debido a necrosis, atrofiamiento y presencia de exudado en los filamentos branquiales; pérdida de apetito; letargo; bajo crecimiento; hemorragias; y lesiones en la piel; dermatitis.

RIBOFLAVINA

Vascularización de la córnea, hemorragia en los ojos; opacamiento de los cristalinos; coloración anormal del iris; fotofobia; coloración obscura; hemorragia de la piel y aletas; anemia; pérdida de apetito; bajo crecimiento.

PIRIDOXINA

Desórdenes neurales; convulsiones; ataxia; hiperirritabilidad; anemia; pérdida de apetito; edema en la cavidad peritoneal; color azul violeta iridiscente en la piel; dificultad en la respiración; exoftalmia; rápido rigor mortis.

TIAMINA

Atrofia muscular; convulsiones seguidas por doblamiento del cuerpo y posible muerte; inestabilidad y pérdida del equilibrio; edema; pérdida de la coloración del cuerpo; pérdida del apetito e hiperexcitabilidad; bajo crecimiento.

ACIDO FOLICO

Bajo crecimiento; letargo; aleta caudal frágil; coloración obscura; anemia macrocítica.

VITAMINA B_{12} (Cianocobalamina)

Problemas hematológicos, eritrocitos frágiles, anemia macrocítica, pérdida del apetito; bajo crecimiento.

BIOTINA

Lesiones en la piel, mucosa azul; atrofia muscular; convulsiones; eritrocitos frágiles; lesiones en la piel y colon; bajo crecimiento; pérdida de apetito.

INOSITOL

Bajo crecimiento; estómago distendido, incremento en el tiempo de evacuación estomacal; lesiones en la piel.

VITAMINA A (retinol y deshidroretinol)

Alteraciones retinales; exoftalmia; hemorragia en los riñones y en la base de las aletas; edema; bajo crecimiento. Un exceso provoca elevada actividad de fosfatasa alcalina, metaplasia en las escamas epiteliales, hepatomegalia, esplenomegalia y osteopatía.

VITAMINA D

Sin signos específicos.

VITAMINA E (tocoferoles)

Miopatía del esqueleto, hígado, riñón y bazo serosos; edema; edema pericardial; distrofia muscular; fragilidad de los glóbulos rojos; anemia microcítica, exoftalmia; bajo crecimiento. Un exceso provoca bajo crecimiento, reacción tóxica del hígado y muerte.

VITAMINA K (metilnaftoquinonas)

Anemia, tiempo de coagulación largo (síntomas similares a los de la septicemia hemorrágica viral).

MINERALES

Requerimientos Nutricionales

Los peces tienen los mismos requerimientos de minerales como nutrientes que los animales superiores, sólo que los primeros pueden adquirir algunos de estos elementos del agua por difusión.

REQUERIMIENTOS MINERALES DE PECES.

MINERAL	REQUERIMIENTO (por Kg de dieta)
Aluminio	2.00 mg
Azufre	1.50 g
Calcio	3.80 g
Cobalto	16.00 mg
Fierro	220.00 mg
Fósforo	5.17 g
Magnesio	1.10 g
Manganeso	15.00 mg
Potasio	5.30 g
Sodio	1.38 g
Zinc	14.00 mg

NOTA: En algunos minerales presentes en la dieta, no se conoce su disponibilidad para los peces. Por otro lado, cuando en el agua hay deficiencia de yodo, calcio y fósforo, es recomendable agregar dichos elementos a los componentes de las dietas.

Efectos de Exceso y Deficiencia:

La realización de los estudios sobre deficiencias de minerales en peces son complicados debido a la dificultad de remoción de las trazas de mineral del medio acuoso. No se tiene conocimiento de los síntomas causados por deficiencias de los minerales; no obstante, se han reportado algunos de ellos:

Deficiencia de yodo

Hiperplasia tiroidal, crecimiento anormal de la glándula tiroide.

Deficiencia de zinc

Formación de cataratas en los ojos; el síndrome es más severo si se incluye calcio, fósforo, potasio y sodio en ausencia de zinc.

Deficiencia de fierro

Reducción de la hemoglobina, hematocrito; presencia de eritrocitos inmaduros (anemia hipocrómica microcítica).

Deficiencia de calcio y fósforo

Lordosis; escaso crecimiento del cráneo; baja conversión del alimento.

Exceso de potasio, fierro, zinc, cobre, yodo y molibdeno

Escaso crecimiento

Exceso de fierro y cobre

Nivel de hematocrito por abajo de lo normal.

FACTORES QUE AFECTAN EL VALOR NUTRITIVO DE LAS DIETAS PARA PECES

Existen tres tipos de dietas utilizadas en la alimentación de peces: las húmedas, con un 70% de humedad preparadas con un alto contenido de agua como pescado crudo, productos de carne y de vegetales; semihúmedas, con un 35% de humedad preparadas con material húmedo y seco; y las secas, con una humedad de 10% preparadas a partir de productos animales o vegetales secos. A estas dietas se les suplementa normalmente con vitaminas cristalinas, minerales, aminoácidos u otros productos purificados para balancear las deficiencias nutricionales que pudiera tener.

Durante la elaboración y almacenamiento de las dietas pueden presentarse una serie de reacciones que modifiquen algunos componentes importantes desde el punto de vista nutricional. Asimismo, algunas de las fuentes utilizadas para su elaboración pueden contener compuestos que limiten la digestibilidad de los nutrientes o ser tóxicos para los peces. Algunos de los principales factores que afectan el valor nutritivo de una dieta se describen a continuación.

Factores que afectan a las proteínas

El calor utilizado durante el procesamiento del alimento es benéfico, ya que al desnaturalizar a las proteínas aumenta su digestibilidad y destruye los factores antinutricionales de carácter proteico (inhibidores de proteasas, hemaglutininas, compuestos alergénicos, etc.).

Asimismo el calor genera la destrucción de aminoácidos, principalmente cisteína y metionina (oxidación a metionina sulfóxido o sulfona) y en menor grado treonina, triptofano tirosina y serina, y en ocasiones provocar la formación de enlaces covalentes. (ésteres, tioésteres, imidas, fosfodiésteres, anillos de lactona peptídicos, etc.) entre residuos de las proteínas y traer como consecuencia impedimentos para su hidrólisis por acción de proteasas.

Algunos inhibidores de proteasas pueden originarse de leguminosas y se caracterizan por ser termorresistentes.

Las proteínas pueden participar en reacciones de pardeamiento no enzimático, en las que se encuentran las de Maillard, que se realizan entre los grupos amino de los aminoácidos y los carbonilo de los azúcares reductores. Estas reacciones ocurren con facilidad en tejidos vegetales secos, como forraje y granos. Otro tipo de pardeamiento no enzimático es provocado por la oxidación del ácido ascórbico, el cual puede oxidarse fácilmente y producir compuestos similares a los de las reacciones de Maillard causantes de modificaciones a proteínas y aminoácidos.

Las reacciones de pardeamiento enzimático ocurren debido a la acción de la polifenoxidasa sobre los compuestos fenólicos en tejidos vegetales al ser procesados. Los productos de la reacción, quinonas, forman fácilmente complejos con aminoácidos y proteínas causando su modificación o destrucción. En ocasiones pH mayores de 6.0 y exposición al oxígeno atmosférico son suficientes para que dichas reacciones se lleven a cabo sin necesidad de la presencia de la polifenoxidasa.

El posible efecto tóxico que puedan tener algunos de los compuestos formados por las reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático sobre los peces, no ha recibido la suficiente atención.

CAPILLA ALFONSINA

La utilización de substancias alcalinas durante el proceso llega a causar en ocasiones modificaciones en residuos como arginina, cisteína y lisina, provocando la formación de complejos o enlaces entre proteínas como ornitinoalanina (arginina-cisteína), lisinoalanina (lisina-alanina) y lantoína (cisteína-cisteína). Estos enlaces limitan la hidrólisis de las proteínas por acción de proteasas.

Factores que afectan a lípidos

Las dietas para peces requieren la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales son propensos a la oxidación con oxígeno atmosférico. Esta oxidación también llamada rancidez, puede ser ocasionada con una autooxidación catalizada por metales pesados o compuestos como la hemoglobina (grupo hemo); facilitada por calor, luz o radiaciones ionizantes. Se puede prevenir con el uso de antioxidantes. La rancidez es ocasionada también por oxidación enzimática, que es catalizada por enzimas tales como la lipoxidasa o lipoxigenasa presentes en algunos tejidos vegetales. Se puede prevenir por inactivación enzimática.

La rancidez, además de afectar a ácidos grasos poliinsaturados, afecta a otros compuestos como las vitaminas liposolubles, principalmente a la vitamina E (alfatocoferol).

Factores que afectan a carbohidratos

En las reacciones de pardeamiento no enzimático de Maillard, se encuentran como cosubstratos los azúcares reductores.

Otras reacciones en las que intervienen carbohidratos son las de caramelización, que por oxidación y deshidratación de los azúcares a altas temperaturas forman substancias que modifican el sabor y color del producto.

Factores que afectan a las Vitaminas

Las principales pérdidas de vitaminas son ocasionadas por diversos factores entre los que se mencionan: condiciones ácidas o alcalinas, oxidación y calor que ocurren principalmente en la elaboración de las dietas; el efecto de la luz durante el almacenamiento y la presencia de compuestos antimetabólicos en las formulaciones. Los factores que afectan a las vitaminas son:

Vitaminas susceptibles a condiciones alcalinas

Tiamina, riboflavina, ácido pantoténico (forma ácida), vitamina K.

Vitaminas susceptibles a condiciones ácidas

Acido pantoténico (forma ácida), vitamina B12 (calor). Vitaminas susceptibles a oxidación (oxígeno atmosférico): Piridoxal fosfato, biotina, ácido ascórbico, vitamina A, vitamina E (tocoferol), vitamina K.

Vitaminas susceptibles a calor húmedo

Tiamina (medio neutro o alcalino), Piridoxal y pirodoxamina libres, ácido pantoténico, biotina, vitamina B12 (medio ácido), vitamina A (carotenoides).

Vitaminas susceptibles a la luz

Riboflavina, piridoxal o piridoxamina libres (UV, medio neutro o alcalino), ácido fólico, vitamina B12 (medio ácido) vitamina A (carotenoides), vitamina K.

COMPUESTOS ANTIMETABOLICOS

Tiamina: Tiaminasa (en leguminosa, pescado, levaduras); acetilcolina; oxitiamina.

Riboflavina: galactoflavin; flavinmonosulfato.

Piridoxal: desoxipiridoxina, oxopirimidina, metoxipiridoxina.

Acido Pantoténico. 6 mercaptopurina, 2-6 diaminopurina, 8-azoguanina, ácido-metil-omega-pantoténico.

Niacina: ácido-piridin-3, sulfónico, 3, acetilpiridina, tioacetamida.

Biotina: avidina (clara de huevo cruda), ácido oxibiotin-sulfónico.

Acido fólico: aminopterina.

Acido ascórbico: ácido D-ascórbico, ácido deshidroascórbico, ácido L-glucoascórbico, ácido 6-desoxi-L-ascórbico.

Inositol: isómeros y derivados metilados del mio-inositol, sales del mio-inositol con hexofosfato o fitina.

Puede haber pérdidas de vitaminas hidrosolubles en el caso de dietas húmedas si existe pérdida de agua durante el almacenamiento.

Factores que afectan a los minerales

En las dietas húmedas, sí existen pérdidas de agua o exudados durante su almacenamiento, pueden eliminarse aquellos minerales que estén dentro de su formulación y sean solubles en agua. Asimismo, cuando están presentes ácidos orgánicos, compuestos fenólicos o proteínas, pueden formar complejos con los minerales presentes y cambiar la composición del producto.

Compuestos tóxicos y antimetabolitos

Los materiales utilizados para la elaboración de la dieta, llegan en ocasiones a ser fuente de compuestos tóxicos para los peces. Entre éstos se encuentran:

Micotoxinas (aflatoxinas) provenientes de cereales, cacahuate, soya, aceites vegetales, etc.

Compuestos tóxicos de origen vegetal inhibidores de proteasa, hemaaglutininas, compuestos goitrogénicos, saponinas, gosipol.

CAPILLA ALFONSINA

Compuestos tóxicos de origen animal: toxinas de dinoflagelados, antibióticos y productos quimioterapéuticos, hormonas.

Pesticidas: herbicidas, fungicidas.

Metales pesados: mercurio, plomo, etc.

Otros ingredientes: agentes aglomerantes (celulosa, almidones modificados).