

به نام خدا

# غذا و تغذیه ماهی و میگوی پرورشی (دستورالعمل آموزشی پیرامون مواد مغذی ضروری)

مؤلف : آلبرت جی. تاکون

مترجم : نائره بشارتی

ویراستار فنی : شهرام دادگر

نام کتاب : غذا و تغذیه ماهی و میگوی پرورشی ( دستورالعمل آموزشی پیرامون مواد مغذی ضروری)

مؤلف : آلبرت جی. تاکون

ویراستار فنی : شهرام دادگر

ویراستار ادبی : گل اندام آل علی

شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول : ۱۳۸۴

ناشر : موسسه تحقیقات شیلات ایران - مدیریت اطلاعات علمی

شابک : ۹۶۴-۵۸۵۶-۲۴-۸

قیمت : ۱۸۰۰۰ ریال

## فهرست مطالب

پیشگفتار

فصل اول : مقدمه

فصل دوم : مواد مغذی ضروری ( پروتئین‌ها و آمینواسیدها)

۲-۱: پروتئین‌ها

۲-۱-۱: ترکیب

۲-۱-۲: ساختار

۲-۱-۳: خواص شیمیایی

۲-۱-۴: طبقه‌بندی

۲-۲: عملکرد پروتئین‌ها

۲-۳: نیازمندی به پروتئین‌ها

۲-۳-۱- حد مطلوب (استاندارد) رژیم پروتئین غذا

۲-۳-۲- عوامل غیرزنده (درجه حرارت و شوری)

۲-۴- اسیدهای آمینه

۲-۵- عملکرد اسیدهای آمینه

۲-۶- نیاز به اسیدهای آمینه

۲-۶-۱- سطوح مطلوب اسیدهای آمینه ضروری رژیم غذایی

۲-۶-۲- کاربرد اسیدهای آمینه آزاد

۲-۶-۳- ترکیب اسیدآمینه و کیفیت پروتئین

۲-۷- ارزیابی کیفیت پروتئین

۲-۸- اجزاء نیتروژنی غیرپروتئینی

۲-۹- آسیب‌شناسی پروتئین و اسیدآمینه

۲-۹-۱- کمبود اسیدهای آمینه ضروری در رژیم غذایی

۲-۹-۲- اسیدهای آمینه غیرضروری سمی

## فصل سوم : مواد مغذی ضروری- چربیها

### ۳-۱- لیپیدها

#### ۳-۱-۱- طبقه‌بندی

#### ۳-۱-۲- وظیفه اصلی

### ۳-۲- روغن‌ها و چربیها

#### ۳-۲-۱- ترکیب

#### ۳-۲-۲- ساختمان اسیدچرب و طبقه‌بندی

#### ۳-۲-۳- بیوسنتز اسیدچرب

#### ۳-۲-۴- اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز

### ۳-۳- فسفر لیپیدها

#### ۳-۳-۱- ساختمان و وظیفه

#### ۳-۳-۲- رژیم مورد نیاز در مورد چربیها

### ۳-۴- گلیکولیپیدها

### ۳-۵- مومها

### ۳-۶- استروئیدها

#### ۳-۶-۱- کلسترول

#### ۳-۶-۲- اسیدهای صفراوی

### ۳-۷- آسیب‌شناسی لیپید

#### ۳-۷-۱- کمبود اسیدهای چرب ضروری در رژیم غذایی

#### ۳-۷-۲- اسیدهای چرب ضروری سمی در رژیم غذایی

#### ۳-۷-۳- اسیدهای چرب غیر ضروری سمی

#### ۳-۷-۴- اکسیدسیون چربی‌های (لیپیدهای) رژیم غذایی

## فصل چهارم : مواد غذایی ضروری - (هیدراتهای کربن)

### ۴-۱- هیدراتهای کربن

- ۱-۱-۴- طبقه بندی
  - ۲-۱-۴- مونوساکاریدها
  - ۳-۱-۴- دی ساکاریدها
  - ۴-۱-۴- هوموپلی ساکاریدها
  - ۵-۱-۴- هتروپلی ساکاریدها
  - ۲-۴- وظیفه هیدرات کربن
  - ۳-۴- متابولیسم هیدرات کربن
  - ۴-۴- رژیم مصرف هیدرات کربن
- فصل پنجم : مواد مغذی ضروری- ویتامین ها

- ۱-۵- تعریف و طبقه بندی
- ۲-۵- ویتامین های محلول در آب
  - ۱-۲-۵- تیامین
  - ۲-۲-۵- ریبوفلاوین
  - ۳-۲-۵- پیریدوکسین
  - ۴-۲-۵- نیتوتنیک اسید
  - ۵-۲-۵- نیکوتینیک اسید
  - ۶-۲-۵- بیوتین
  - ۷-۲-۵- اسید فولیک
  - ۸-۲-۵- سیانو کوبالامین
  - ۹-۲-۵- اینوزیتول
  - ۱۰-۲-۵- کولین
  - ۱۱-۲-۵- اسید اسکوربیک
- ۳-۵- ویتامین های محلول در چربی
  - ۱-۳-۵- رتینول
  - ۲-۳-۵- کول کلسیفرول

۳-۳-۵- توکوفرول

۴-۳-۵- فیلوکوئینون

۴-۵- نیازمندیهای ویتامین در جیره غذایی

۵-۵- بیماری‌شناسی ویتامین

۱-۵-۵- کمبود ویتامین

۲-۵-۵- سمیت ویتامین

فصل ششم : مواد مغذی ضروری - مواد معدنی

۱-۶- مقدمه و طبقه‌بندی

۲-۶- عملکرد عمومی

۳-۶- عناصر اصلی

۱-۳-۶- کلسیم

۲-۳-۶- فسفر

۳-۳-۶- منیزیم

۴-۳-۶- سدیم، پتاسیم ، کلر

۵-۳-۶- گوگرد

۴-۶- عناصر جزئی

۱-۴-۶- آهن

۲-۴-۶- روی

۳-۴-۶- منگنز

۴-۴-۶- مس

۵-۴-۶- کبالت

۶-۴-۶- ید

۷-۴-۶- سلنیوم

۸-۴-۶- کروم

۵-۶- نیازمندی‌های مواد معدنی در رژیم غذایی

۶-۶- آسپبشناسی معدنی

۶-۶-۱- کمبود معدنی

۶-۶-۲- سمیت عناصر معدنی

فصل هفتم : مواد مغذی ضروری - انرژی

۷-۱- انرژی و کار

۷-۲- قانونهای ترمودینامیک

۷-۳- واحدهای انرژی

۷-۴- منابع انرژی رژیم غذایی

۷-۵- سوخت و ساز انرژی

۷-۶- تعادل انرژی و نیازمندی رژیم غذایی

فصل هشتم : مواد مغذی ضروری - مواد مغذی ویژه توصیه شده برای تکمیل رژیم

غذایی(مکمل غذایی)

۸-۱- مقدمه

۸-۲- ماهی

۸-۳- میگو

- فهرست منابع

- واژه نامه



## پیشگفتار

این مطالب براساس متون اصلی سخنرانی ارائه شده توسط دکتر A.G.J.Tacon برای فراگیران دوره چهارم تربیت متخصصان آبی‌پروری در پیراسونونگای<sup>۱</sup> برزیل از ۱۳ ژوئن تا ۹ جولای ۱۹۸۶ (براساس CEPTA) می‌باشد که تجدید نظر شده و به عنوان یک جزوه آموزشی برای یک دوره فشرده پنج هفته‌ای در خصوص تغذیه ماهیان میگوی پرورشی بکار رفته که توسط FAO با برنامه GCP/RLA/075/ITA در مناطق آمریکای لاتین و دریای کارائیب انجام شده است. هدف از این دوره آموزشی، ایجاد یک گروه از معلمین و محققین در این نواحی است که خود قادر خواهند بود برنامه‌های ملی تغذیه‌ای و آبیان کشور خود را هدایت نمایند و کشاورزان و محققین را در تمام زمینه‌های تکنولوژی عملی تغذیه راهنمایی نمایند.

گرچه جزوه‌های آموزشی فراوانی در زمینه تغذیه ماهیان و میگوی پرورشی وجود دارد ولی این جزوه‌ها تقریباً فقط بر رژیم تغذیه‌ای کامل و متمرکز دلالت می‌نماید و توجه کم یا بی‌توجهی به روش‌های نیمه متمرکز دارند. چون در سالهای اخیر تولیدات ماهی و میگو همراه با روش‌های مزرعه‌داری نیمه متمرکز می‌باشند، بوضوح باید تأکیدی بر روشهای تغذیه‌ای نیمه متمرکز مانند باروری، کوددهی و رژیم غذایی تکمیلی صورت گیرد.

اغلب، همه بر این باورند که تنها راه اقتصادی برای تغذیه ماهی و میگو استفاده از رژیم غذایی هورمونی با کیفیت بالا می‌باشد، ولی اینطور نیست و کشاورزان و محققین نباید بر این اساس به اشتباه راهنمایی شوند. روش بکار گرفته شده توسط محققین، برای اندازه‌گیری نیازهای غذایی روزانه، هدایت تست‌های تغذیه‌ای و بازبینی بر اهداف تغذیه‌ای متمرکز و نیمه متمرکز در سایر قسمت‌های دنیاست و کوششی برای گشودن راهی به منظور توسعه اهداف پژوهشی تغذیه و مواد تغذیه‌ای کاربردی آبی‌پروری براساس نیاز و تمایل در نواحی آمریکای لاتین و دریای کارائیب

---

می‌باشد. این کتاب در چهار بخش ارائه می‌گردد. بخش اول مواد مغذی ضروری، بخش دوم منابع غذایی، بخش سوم روش‌های تغذیه‌ای متمرکز و بخش چهارم روش‌های تغذیه‌ای نیمه متمرکز را بررسی می‌نماید و به طور خلاصه در این کتاب، ساختار و عملکرد بیولوژیک مواد مغذی اساسی از جمله پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی رژیم غذایی و انرژی توضیح داده شده‌اند.

نیاز کمی رژیم غذایی ماهی و میگو بدقت بازبینی و پیشنهادهایی برای سطوح مواد غذایی در رژیم کامل غذایی ماهی‌های گوشتخوار، همه چیزخوار و گونه‌های میگو ارائه شده است.

## فصل اول

### مقدمه

چنانچه قرار باشد ایجاد آبی پروری جهانی به صورت سیستم پرورش نیمه متمرکز و متمرکز تحقق یابد، همانگونه که انتظار می رود، پس مقدار زیادی کود و غذا باید فراهم شود. بنابر این، تعجب آور نیست که تغذیه ماهی و میگو یکی از مهمترین بخش های تحقیقاتی و توسعه ای امروز را در توسعه آبی پروری به شیوه نیمه متمرکز و متمرکز شامل می شود.

ایجاد نحوه تغذیه به طریق نیمه متمرکز و متمرکز برای ماهی و میگو در مرحله نخست نیازمند درک اساسی از تغذیه و احتیاجات مواد مغذی رژیم جانوران می باشد. بجز آب و انرژی، نیازمندیهای تغذیه ای تمامی گونه های پرورشی آبزیان را می توان تحت پنج گروه غذایی متفاوت شامل پروتئین ها، لیپیدها، کربوهیدرات ها، ویتامین ها و مواد معدنی ملاحظه نمود. علم تغذیه آبزیان و نحوه غذایی آنان در ارتباط با تامین مواد مغذی برای ماهی و میگو چه به طور مستقیم به صورت رژیم برونزا (مصنوعی) یا به صورت غیر مستقیم از طریق افزایش تولید غذای زنده ارگانیک ها در محیط آبی حاوی ماهی و میگو است. نقش حیاتی ایفا شده توسط ارگانیک های غذای طبیعی در تغذیه ماهی و میگو در استخرهای پرورش سیستم های نیمه متمرکز و گسترده، کاملاً با سیستم های پرورش متمرکز متفاوت می باشد که در آنها وضع

---

تراکم پرورشی چنان است که ارگانوسم‌های غذای طبیعی نقش کمی را در تامین غذا برای گونه‌های پرورشی ایفا می‌کنند (شکل ۱).

شکل ۱ - نقش ارگانوسم‌های غذای طبیعی و تغذیه مصنوعی در تغذیه ماهی و میگو در استخرهای پرورش با سیستم‌های گسترده، نیمه متمرکز و متمرکز

در این بخش آموزش طبقه‌بندی، ساختار و وظایف بیولوژیک مواد مغذی اساسی شرح داده شده، کمیت نیازهای رژیم تغذیه‌ای ماهی و میگو بررسی شده، و پیشنهاد‌های سطوح رژیم غذایی در تکمیل جیره غذایی ماهی و میگو ارائه شده است.

## فصل دوم

### مواد مغذی ضروری (پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه)

#### ۲-۱: پروتئین‌ها

پروتئین‌ها از جمله مهم‌ترین مواد تشکیل دهنده کلیه سلولهای زنده می‌باشند. بجز آب، بزرگترین گروه شیمیایی در بدن موجودات را پروتئین تشکیل می‌دهد. کل وزن ماهی شامل ۷۵ درصد آب، ۱۶ درصد پروتئین، ۶ درصد چربی و ۳ درصد خاکستر می‌باشد. در سلول و در پروتوپلاسم سلولی، پروتئین‌ها ماده تشکیل دهنده اصلی می‌باشند و در نتیجه، توده اصلی بافت‌های ماهیچه‌ای، اندام‌های داخلی، مغز عصب‌ها و پوست را شامل می‌شود.

#### ۲-۱-۱: ترکیب

پروتئین‌ها ترکیبات بسیار پیچیده منظم با وزن مولکول بالا هستند. نظیر کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها که شامل کربن (C)، هیدروژن (H) و اکسیژن (O) بوده و همچنین شامل ۱۶ درصد نیتروژن (N) (بین ۱۹-۱۲ درصد) و گاهی فسفر (P) و سولفور (S) می‌باشند.

**۲-۱-۲ : ساختار**

پروتئین‌ها نسبت به مولکولهای بزرگ بیولوژیک مهم دیگر مانند کربوهیدرات‌ها و لیپیدها، در ساختار اساسی خود تفاوت دارند. برای مثال، در مقایسه با ساختار اصلی کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها که اغلب ترکیبی از واحدهای بسیار مشابه یا یکسان هستند (یعنی واحد گلوکز تکرار شده در نشاسته، گلیکوژن و سلولز)، پروتئین‌ها ممکن است تا حدود ۱۰۰ واحد اساسی متفاوت (اسیدهای آمینه) داشته باشند. بر این اساس، تنوع بیشتر ترکیبات و رشته‌ها نه تنها در ترکیب آنها بلکه در شکل پروتئین نیز ممکن می‌شود.

**۲-۱-۳ : خواص شیمیایی**

پروتئین‌ها در طبیعت به شکل کلوئیدی‌اند، از نظر حلالیت در آب، با کراتین تفاوت دارند که نامحلول در آب است تا آلبومین‌ها که بسیار محلول در آب هستند. همه پروتئین‌ها بر اثر گرما، اسید قوی، قلیا، الکل، اوره و نمک فلزات سنگین تغییر ماهیت می‌یابند. هنگامیکه پروتئین‌ها تغییر ماهیت پیدا می‌کنند، ساختار منسجم خود را از دست می‌دهند، بنابراین دارای خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیک متفاوت می‌شوند (مانند غیرفعال شدن آنزیم‌ها بر اثر گرما).

**۲-۱-۴ : طبقه‌بندی**

پروتئین‌ها براساس شکل، قابلیت انحلال و ترکیب شیمیایی به سه گروه اصلی طبقه بندی می‌شوند.

*الف) پروتئین‌های فیبری:* پروتئین‌های حیوانی غیرقابل انحلال که معمولاً در برابر تجزیه آنزیم گوارشی بسیار مقاوم هستند. پروتئین‌های فیبری به صورت زنجیره‌های طولیل نازک نخ مانند دیده می‌شوند. نمونه‌های پروتئین‌های فیبری شامل کلاژنها

(پروتئین اصلی بافت پیوندی)، الاستین (موجود در بافت‌های قابل ارتجاع نظیر سرخرگ‌ها و زردپی‌ها) و کراتین (موجود در مو، ناخن، پشم و سم پستانداران) می‌باشد.

ب) پروتئین‌های کروی: شامل کلیه آنزیم‌ها، آنتی‌ژن‌ها و پروتئین‌های هورمونی می‌باشند. پروتئین‌های کروی می‌توانند به زیر شاخه‌های ذیل تقسیم شوند: آلبومین‌ها (پروتئین‌های محلول در آب، پروتئین‌های واحد یا کواگولده شونده در حرارت (انعقادپذیر) که در تخم‌مرغ، شیر، خون و بسیاری از گیاهان دیده می‌شوند)، گلوبولین‌ها (غیر قابل حل یا قابلیت انحلال پذیری بسیار اندک در آب که در تخم‌مرغ، شیر، خون و به عنوان ذخیره اصلی پروتئین در دانه‌های گیاهی عمل می‌نماید) و هیستون‌ها (پروتئین‌های ساده با وزن مولکولی پائین، محلول در آب، موجود در هسته سلولی که با اسید دزوکسی ریبونوکلیک (DNA) همراه می‌گردند).

ج) پروتئین‌های ترکیبی: پروتئین‌هایی هستند که حاصل هیدرولیز آنها علاوه بر آمینواسیدها، گروه‌های غیر پروتئینی نیز می‌باشد. نمونه‌های این گروه شامل فسفوپروتئین‌ها (کازئین شیر و فسفتین موجود در زرده تخم‌مرغ)، گلیکوپروتئین‌ها (ترشحات مخاطی)، لیپوپروتئین‌ها (غشای سلولی)، کروموپروتئین‌ها (هموگلوبین، هموسیانین، سیتوکروم، فلاووپروتئین‌ها و نوکلئوپروتئین‌ها) ترکیب پروتئین با اسید نوکلئیک موجود در هسته‌های سلولی) می‌باشد.

## ۲-۲: عملکرد پروتئین‌ها

وظیفه پروتئین‌ها به صورت ذیل خلاصه می‌شود:

- ترمیم بافت‌های فرسوده یا از بین رفته (ترمیم و حفاظت بافت) و بازسازی بافت جدید (به عنوان رشد و پروتئین جدید)
- پروتئین رژیم غذایی ممکن است به عنوان منبع انرژی تجزیه گردد یا ممکن است به عنوان ماده اولیه جهت ساخت هیدراتهای کربن یا چربی‌ها بکار گرفته شوند.

● پروتئین‌های رژیم غذایی در بدن حیوانات برای ساخت هورمون‌ها، آنزیم‌ها و گروه زیادی از مواد مهم بیولوژیک دیگر نظیر آنتی‌بادی‌ها و هموگلوبین‌ها لازم هستند.

### ۲-۳: نیازمندی به پروتئین‌ها

مطالعه نیازمندی‌ها در رژیم غذایی ماهی‌ها و میگو تقریباً بطور کامل بر مطالعاتی استوار است که مشابه با تحقیقات انجام شده در مورد رژیم غذایی حیوانات خشکی‌زی است. بنابراین، تقریباً کلیه اطلاعات موجود در خصوص رژیم غذایی گونه‌های آبزی پروری، ناشی از آزمایش‌های تغذیه‌ای آزمایشگاهی می‌باشد. حیوانات در محیط کنترل شده با تراکم بالا نگهداری می‌شوند و هیچگونه دسترسی به مواد غذایی طبیعی ندارند.

#### ۱-۲-۳: حد مطلوب (استاندارد) رژیم پروتئین غذا

براساس روش‌های تغذیه‌ای کشف شده و توسعه داده شده جهت حیوانات خشکی‌زی، نیازمندی رژیم غذایی پروتئین ماهی اولین بار در ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus tshawytscha*) توسط "دلانگ"<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۱۹۵۸ بررسی شد. ماهی‌ها با یک رژیم غذایی متناسب شامل میزانی معین از پروتئین با کیفیت برتر (کازئین: مخلوط ژلاتین تکمیل شده با آمینواسیدهای بلوری شکل جهت نمایاندن برش اسید آمینه پروتئین یک تخم‌مرغ کامل) در مدت ده هفته تغذیه شدند و میزان پروتئینی که سبب رشد متناسب شده بود، به عنوان میزان نیاز ماهی به پروتئین ثبت گردید (شکل ۲).



### شکل ۲: نمودار واکنش نسبت به دوز خاص پروتئین

از آنجائیکه روش بکار گرفته شده توسط محققین در مطالعات اولیه امروزی تغییر اندکی یافته است، به استثنای کاربرد بعضی محققین از حداکثر حفظ بافت پروتئین یا توازن نیتروژن به جای مقدار وزن اضافه شده، به عنوان معیار احتیاجات پروتئینی در اولویت بوده است (Ogino, 1980). نیاز به میزان پروتئین در رژیم غذایی بطور معمول بصورت درصد ثابتی از رژیم غذایی یا به عنوان نسبت پروتئین به انرژی رژیم غذایی بیان می‌گردد.

تاکنون بالغ بر ۳۰ گونه ماهی و میگو به این روش مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و نیاز یکسان به رژیم پروتئین زیادی در حدود ۲۴-۵۷ درصد، یا برابر ۷۰-۳۰ درصد محتوی انرژی رژیم غذایی به شکل پروتئین را نشان داده است (جدول ۱). چون میزان احتیاج فراوان به پروتئین برای انواع ماهیان گوشتخوار نظیر ماهی پهن (*Pleuronectes platessa* - ۵۰ درصد، Cowey et al., 1972) یا ماهی سرماری (*Channa micropeltes* - ۵۲ درصد Wee & Tacan, 1982) مورد انتظار بود و همچنین مشاهده نیازمندی نسبتاً زیاد پروتئین در کپور علفخوار نیز (*Ctenopharyngodon idella*، ۴۱-۴۳ درصد، Dabrowski, 1977) این نکته را نشان می‌دهد که مقدار نیازمندی ممکن است تا حدودی تحت تاثیر روش بکار گرفته شده برای مشخص نمودن آن باشد. استفاده محققین از منابع پروتئینی رژیم غذایی مختلف، جانشین‌های انرژی غیر پروتئینی، رژیم‌های تغذیه‌ای، طبقه‌بندی سن ماهیان و روش‌های تعیین میزان انرژی غذایی و احتیاجات رژیم غذایی، زمینه مشترک اندکی را برای مقایسه مستقیم درون یا بین گونه‌های ماهیان باقی می‌گذارد. برای مثال، نیازمندی پروتئین بالا که در بچه ماهی کپور علفی مشاهده می‌شود (۴۳-۴۱ درصد، Dabrowski, 1977) تقریباً بطور حتم ناشی از آن است که همه ماهی‌های تحت مطالعه، در یک جیره غذایی محدود تغذیه شده‌اند (ماهی فقط دوبار روزانه تغذیه شده و در

پائین‌ترین حد نیاز غذایی Ad libitum ثابت ماند) و در نتیجه ماهیانی که جیره پروتئینی کمتر را دریافت نموده قادر به مصرف میزان غذای مناسب برای برآورده کردن نیازمندی‌های انرژی و پروتئین رژیم‌شان نمی‌باشند. یک بررسی اقتصادی در باره روش‌های بکار گرفته شده جهت برآورد نیازمندی‌های رژیم اسیدهای آمینه و پروتئین در ماهی و سخت‌پوستان توسط "Tacon" و "Cowey" در سال ۱۹۸۵ و "Cowey" و "Tacon" در سال ۱۹۸۳ انجام گردید.

نیازمندی رژیم پروتئین بالا در ماهی و میگو، عموماً مربوط به عاداتهای غذایی گوشتخواری و همه چیزخواری آنها و استفاده ترجیحی آنها از پروتئین بیش از هیدراتهای کربن به عنوان منبع انرژی غذایی می‌باشد (Cowey, 1975). در مقایسه با حیوانات مزرع‌ای خشکی، ماهی و میگو قادرند انرژی متابولیک بیشتری را از تجزیه پروتئین‌ها نسبت به کربوهیدرات‌ها بگیرند.

### ۲-۳-۲: عوامل غیرزنده (درجه حرارت و شوری)

تاثیر درجه حرارت آب در نیازمندی پروتئین و رشد ماهی، موضوع بررسی‌های بسیار زیادی بوده است. مطالعه اولیه DeLong و همکارانش با ماهی آزاد بندانگشتی (*O. tshowytscha*) افزایش در نیازمندی پروتئینی غذایی را از ۴۰ درصد تا ۵۵ درصد با افزایش درجه حرارت آب از ۸/۳ تا ۱۴/۴ درجه سانتیگراد نشان داده است (Delong et al., 1985). در این اواخر، یک صعود مشابه در نیازمندی پروتئین روزانه از ۴۷ درصد تا ۵۵ درصد در ماهی بندانگشتی راه راه (*Morone saxatillis*) با افزایش درجه حرارت آب از ۲۰/۵ تا ۲۴/۵ درجه سانتیگراد (Millikin, 1983) در جدول ۱) گزارش شده است. در مقام مقایسه، ماهی قزل‌آلای هفت رنگ بند انگشتی (*Salmo gairdneri*) هیچ تفاوت رشدی را در سطوح پروتئینی رژیم غذایی ۳۵ درصد، ۴۰ درصد و ۴۵ درصد در درجه حرارت ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ درجه سانتیگراد در یک مطالعه (Slinger et al., 1977) و در مطالعه دیگر با درجه حرارت ۹، ۱۵، ۱۸ درجه سانتیگراد نشان نداده است (Cho, Slinger, 1978). با وجود آنکه

تاثیر درجه حرارت مجزا در دوره‌های رشد مشاهده شد، نیاز مطلق بیشتر به پروتئین در آبهایی با درجه حرارت بالاتر، گویا با افزایش مصرف جیره پروتئین پائین‌تر هماهنگی دارد. مطالعات اخیر در راستای این فرضیه است که افزایش درجه حرارت آب (تا حد سطح مطلوب) توأم با افزایش جذب غذا می‌باشد (Brett *et al.*, 1969 ; Chaubert *et al.*, 1982) در حالیکه میزان رشد و میزان سوخت و ساز افزایش می‌یابد (Jobling, 1983) و زمان عبور مواد غذایی تحت شرایطی سریعتر می‌شود که ذخیره غذایی محدود نیست (Fauconneau *et al.*, 1983 ; Ross, Jauncey, 1981). اکثر شواهد چنان است که افزایش درجه حرارت آب منجر به افزایش نیازمندی پروتئین نمی‌شود. در هر دو موردی که چنین نیازمندی ادعا شود، اثر درجه حرارت بر نیازمندی پروتئین روزانه با مقایسه نتایج حاصله در آزمایشهای پیاپی تحت درجه حرارت‌های مختلف آب مورد بررسی قرار گرفت.









بعلاوه، حد مطلوب رشد و مشاهده افزایش میزان غذای جذب شده در ماهیانی که با رژیم غذایی حاوی میزان پروتئین بالاتر غذادهی شده‌اند، نشان می‌دهد که رژیم غذادهی *Ad libitum* در حقیقت منجر به جذب غذای محدود می‌گردد. مطالعات بسیار اندکی در بارهٔ تاثیر شوری بر نیازهای پروتئینی انجام گرفته است. آزمایشهایی که بر ماهی قزل‌آلا رنگی (ماهی نمک دوست) انجام شده است، افزایش در میزان مطلق نیاز به پروتئین از ۴۵-۴۰ درصد را همراه با افزایش ۱۰ تا ۲۰ قسمت در هزار شوری بیان می‌دارند. با این وجود، هیچ نوع افزایشی در خصوص نیاز به پروتئین در آزمایش با ماهی آزاد انگشت قد مشاهده نگردید (O. Kisutch Zeitoun *et al.*, 1974). از دیدگاه روش نظری جهت رسیدن به میزان احتیاجات رژیم تغذیه براساس منحنی پاسخ (Zeitoun *et al.*, 1973) و فقدان اطلاعات در مورد نیازهای پروتئینی این گونه از ماهیان در آب دریا با مقدار نهایی (۳۵ قسمت در هزار)، هیچ اطلاعات قطعی وجود ندارد که ثابت کند که احتیاجات نیازهای پروتئینی ماهی با افزایش میزان شوری افزایش می‌یابد. اطلاعاتی نیز در مورد تاثیر شوری در میزان نیاز پروتئین میگو وجود ندارد.

#### ۴-۲: اسیدهای آمینه

اگر چه حدود ۱۰۰ نوع مختلف اسید آمینه از مواد بیولوژیک بدست آمده‌اند، فقط ۲۵ نوع رایج از آنها در پروتئین‌ها یافت شده‌اند. اسیدهای آمینه منفرد با داشتن یک گروه کربوکسی (COOH-) و یک گروه بازی نیتروژنی (معمولاً یک گروه آمینو شامل NH<sub>2</sub>-) مشخص می‌شوند. با توجه به وجود هر دو گروه اسیدی و نیتروژنی، اسیدهای آمینه آمفوتریک هستند (یعنی دارای هر دو خاصیت اسیدی و بازی هستند) و در نتیجه با مقاومت در برابر تغییرات pH، به عنوان بافر عمل می‌کنند. ساختار شیمیایی اسیدهای آمینه رایج در شکل الف نشان داده شده است.



### ۲-۵: عملکرد اسیدهای آمینه

اسیدهای آمینه دارای جایگاهی اصلی در متابولیسم بافت سلولی اند چون تقریباً همه واکنش‌های بیوشیمیایی بوسیله آنزیم‌هایی کاتالیز می‌شوند که از زیر ساخت‌های اسیدهای آمینه تشکیل شده‌اند. اسیدهای آمینه برای متابولیسم هیدرات‌های کربن و لیپیدها، برای ساخت پروتئینی و بسیاری از ترکیبات مهم (مانند آدرنالین، تیروکسین، ملانین، هیستامین، پورفیرین‌ها شامل هموگلوبین، پیریمیدین، پورین، اسیدهای نوکلئیک، کولین، اسید فولیک، اسیدنیکوتینیک شامل: ویتامین‌ها- تورین و غیره) و همچنین به عنوان منبع انرژی یا سوخت لازم می‌باشند.

### ۲-۶: نیاز به اسیدهای آمینه

برای اهداف تغذیه‌ای، اسیدهای آمینه ممکن است به دو گروه تقسیم گردند. (۱) اسید آمینه‌های ضروری<sup>۱</sup> (EAA) و اسید آمینه‌های غیرضروری<sup>۲</sup> (NEAA). اسید آمینه‌های ضروری (EAA) اسید آمینه‌هایی هستند که نمی‌توانند در بدن موجود زنده ساخته شوند و به میزان کافی نیازهای فیزیولوژیک موجود در حال رشد را فراهم نمایند و باید به صورت آماده در رژیم غذایی فراهم گردند. اسید آمینه‌های غیر ضروری (NEAA) آن دسته از اسید آمینه‌هایی هستند که می‌توانند در بدن موجود زنده از منبع مناسبی از کربن، گروه‌های آمینه از سایر اسید آمینه‌ها یا ترکیبات ساده مانند سیترات‌دیامین ساخته شوند و در نتیجه نیازی نیست که به صورت آماده در رژیم غذایی فراهم گردد. رژیم غذایی اسید آمینه‌های ضروری برای ماهی و میگو شامل: ترئونین، لوسین، متیونین، لیزین، آرژنین، والین، ایزولیسین، تریپتوفان، هیستیرین، فنیل آلانین می‌باشند.

اگر چه اسید آمینه‌های غیرضروری در رژیم غذایی ضروری نمی‌باشند، ولی در بسیاری از کارهای اساسی در سطوح متابولیک و سلولی نقش دارند. نام آنها جزو

1- EAA= essential amino acids

2- NEAA= non-essential amino acids

مواد مغذی غیر ضروری آورده شده زیرا بافت بدن در موقع نیاز قادر است آنها را سنتز نماید. در واقع، اغلب بیان می‌شود که اسیدهای آمینه غیرضروری از نظر فیزیولوژیک آن قدر ضروری هستند که بدن مقدار مناسبی از آنها را با سنتز فراهم می‌کند. از نظر غذایی مهم است که بدانیم اسیدهای آمینه غیرضروری سیستمین و تیروزین در داخل بدن می‌توانند از اسیدهای آمینه ضروری متیونین و فنیل‌آلانین بطور نسبی سنتز شوند و مقدار مناسب احتیاجات رژیم تغذیه‌ای این اسیدآمینه‌های ضروری بستگی به غلظت اسیدهای آمینه غیرضروری مرتبط در رژیم غذایی دارد.

### ۱-۶-۲: سطوح مطلوب اسیدهای آمینه ضروری در رژیم غذایی

*الف) دوز پاسخ و روش تجزیه کالبر:* مقدار کمی نیازمندی اسیدهای آمینه ضروری ماهی بصورت سنتی توسط سطوح مدرج تغذیه‌ای هر اسیدآمینه در تست تغذیه‌ای اسیدآمینه جهت استخراج منفی پاسخ مشخص می‌گردد (Wilson, 1985; Cowey & Luquet, 1983). بدین ترتیب نیازمندی رژیم تغذیه‌ای معمولاً در نقطه عطف منحنی پاسخ رشد مشهود خواهد بود. علاوه بر رشد، چندین محقق از سطوح اسیدهای آمینه در بافت‌های ویژه استفاده می‌نمایند (خون خالص، پلاسما، خون یا ماهیچه - Kaushik, 1979) یا اکسیداسیون اسیدهای آمینه نشاندار رادیواکتیو به عنوان معیاری برای برآورد نیازمندی‌های تغذیه‌ای می‌باشند (از طریق تزریق یا دهانی انجام می‌شود Walton, Cowey & Adron, 1982). اجزاء ترکیبی پروتئین در تست رژیم تغذیه‌ای اسیدآمینه تقریباً بصورت کامل در فرم اسیدهای آمینه کریستاله یا در ترکیب با کل منابع پروتئینی منتخب بکار می‌روند (به طور عادی کازئین، ژلاتین، زئین، گلوتن یا غذای ماهی). نمودار اسیدآمینه از کل ترکیب پروتئین رژیم غذایی که کنترل شده است باید مشابه نمودار اسیدآمینه از پروتئین مرجع باشد.

از سوی دیگر، روش استاندارد فوق که ماهی با سطوح مدرج اسیدآمینه‌های کریستاله تغذیه می‌گردد، "اوگینو" (۱۹۸۰a) نیاز کمی اسیدهای آمینه ضروری ماهی را همزمان براساس اسیدهای آمینه شاهد منفرد در کالبد ماهی طراحی نمود. روش

"اوگینو" ماهی دارای رژیم تغذیه‌ای از کل منبع پروتئینی با ارزش بیولوژیک بالا می‌باشد و نیازهای اسیدآمینه ضروری براساس ارزش بافت اسیدآمینه ضروری شاهد، تخمین زده می‌شود.

جدول ۲ نیازمندی کمی به اسیدآمینه‌های شناخته شده ماهی را براساس استفاده از اصول مذکور فوق خلاصه می‌نماید. نیازمندی کمی رژیم تغذیه‌ای برای تمام ۱۰ اسیدآمینه ضروری فقط برای ۵ گونه ماهی (کپور معمولی *C. carpio*، قزل‌آلای رنگین کمان *S. gairdenri*، گربه ماهی روگای *I. punctatus*، مار ماهی ژاپنی *A. anguilla* و ماهی آزاد رودخانه‌ای *O. tshawytscha*) پایه گذاری شده است. در حال حاضر، هیچ اطلاعات کمی در مورد میزان مورد نیاز به اسیدآمینه‌های ضروری در رژیم تغذیه‌ای میگو وجود ندارد. علت اصلی این مساله رشد ضعیف مشاهده شده در میگوهای است که با رژیم‌های آزمایشی حاوی اسیدآمینه‌های مصنوعی تغذیه می‌شوند و علت دیگر آن، مشکل تصفیه مواد غذایی است که همیشه به علت عادات تغذیه‌ای بلند مدت میگو وجود داشته است.

اگر چه بتازگی مطالعات بی‌شمار مستقلی در خصوص نیازمندی اسیدآمینه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شده است، تفاوت‌های معنی‌داری در نیازمندی (گرم اسیدآمینه در ۱۰۰ گرم پروتئین) درون و بین گونه‌های ماهی منفرد وجود دارد (جدول ۲). برای مثال، تفاوت‌هایی به مقادیر ۶۵ درصد و ۷۲ درصد و ۱۱۴ درصد بین آزمایشگاه‌های مستقل برای نیازمندی لیزین و آرژنین و متیونین در خصوص قزل‌آلای رنگین‌کمان انگشت قد مشاهده شده است. به طور مشابه، بین گونه‌ها گستره اختلاف از ۲۲ درصد برای والین تا مقادیری بالا حدود ۱۲۲ درصد برای تریپتوفان مشاهده شده است. در حالیکه، انتظار بر این است که نیازمندی‌های کمی اسیدآمینه‌های ضروری مهم با افزایش سن و کاهش سنتز پروتئین (رشد) کاهش یابد. سوال خوبی که مطرح می‌گردد این است که اختلافات مشاهده شده در نیازمندی‌ها حقیقت است یا فقط مسئله‌ای با توجه به روش بکار رفته می‌باشد. از سوی دیگر، تغییرات مشاهده شده در گونه‌های مشابه ماهی در رژیم تغذیه‌ای

اسیدآمینة مرسوم، اختلافات معنی‌داری در نیازمندی اسیدآمینة ضروری ماهی کپور و قزل‌آلا براساس روش تجزیه‌ای "اوگینو" (۱۹۸۰a) وجود ندارد. بهرحال نیازمندی‌هایی رژی‌م غذایی مشاهده شده در محدوده گزارش شده برای رژی‌م غذایی آزمایشی اسیدآمینة ماهی می‌باشد (جدول ۲).

در مقایسه با روش مرسوم سطوح مدرج تغذیه‌ای اسیدآمینة‌های منفرد، روش تجزیه‌ای "اوگینو" (۱۹۸۰a) چندین امتیاز خواهد داشت:

- ماهی جیره تغذیه‌ای را دارا می‌باشد که اجزاء ترکیبی پروتئین در آن با ارزش بیولوژیک بالایی تهیه می‌گردد. بنابر این، نیازمندی اسیدآمینة در ماهی با آشکار شدن رشد مطلوبش اثبات می‌گردد.
- نیازمندی تغذیه‌ای برای تمام ده اسیدآمینة ضروری به طور همزمان در یک آزمایش تعیین می‌گردد. با استفاده از رژی‌م مرسوم تغذیه‌ای اسیدآمینة، بیش از ۱۰ آزمایش مجزا باید اجرا شود، هر آزمایش شامل بیش از ۶ رژی‌م تغذیه‌ای می‌باشد که در آن غلظت‌های متفاوت اسیدآمینة‌های منفرد تحت آزمایش بکار رفته است.
- نیازمندی کمی اسیدآمینة‌های ضروری می‌تواند به طور تساوی برای اولین تغذیه تخم و بچه ماهیان بدون کاهش در دقت عمل، پایه‌گذاری گردد.







ب) روش تجزیه و تحلیل کالبر: جالب است که محاسبه مجدد اعداد حاصله توسط "اگینو" (۱۹۸۰a) نشان می‌دهد که میان تناسب نسبی اسیدهای آمینه منفرد مورد نیاز در رژیم غذایی و تناسب نسبی حضور ۱۰ اسید آمینه ضروری در کالبد ماهی تفاوتی وجود ندارد (Tacon & Cowey, 1985). ارتباط مشابهی در رشد خوک و جوجه (Boorman, 1980) و به میزان کمتری در چهار گونه ماهی مشاهده شده است که از نظر نیاز به اسیدهای آمینه ضروری، مورد آزمایشهای تغذیه‌ای قرار گرفته اند (شکل ۳). به طور مشابه، "ویلسون" و "پوی" (۱۹۸۵) ضریب برگشتی ۰/۹۶ را زمانی بدست آوردند که الگوی نیازمندی اسیدهای آمینه ضروری را برای گربه‌ماهی کانال در مقابل ترکیب اسیدهای آمینه بافت بدن ماهی در ۳۰ گرم گربه‌ماهی کانال بررسی می‌کردند، در حالیکه ترکیب اسید آمینه بافت بدن ماهی با گونه‌های منفرد ماهی تفاوت زیادی ندارد (Njaa & Utne, 1982 ; Wilson & Cowey, 1985). بنابر این، مسئله به گونه‌ای تعقیب می‌گردد که الگوی نیازمندی برای گونه‌های مختلف مشابه خواهد بود. اگر چه اثبات نشده اما بی‌دلیل نیست که تصور شود ارتباط مشابهی همچنین بین میگو و میگوی آب شیرین وجود دارد. برای اهداف مقایسه‌ای، جدول ۳ الگوی نیازمندی اسید آمینه‌های ضروری برای ماهی (همانگونه که توسط اگینو طراحی شده بود) را همراه با الگوی اسید آمینه‌های ضروری تمام بافت بدن ماهی و لارو و ماهی جوان *Penaeus japonicus*، ماهی جوان *Penaeus paulensis*، بافت صدف گردن کوتاه (*Venerupis philippinarum*)، به مثابه غذای طبیعی عالی برای میگوی دریا) و عضله دم میگوی روزنبرگی *Macrobrachium rosenbergii* نشان می‌دهد.

بر اساس برش عمودی اسید آمینه موجود، میگو نسبت به ماهی نیازمندی تغذیه‌ای بالایی به آرژنین، تریپتوفان و تیروزین و نیازمندی تغذیه‌ای کمتری به والین، ترئونین و لیزین دارد.



شکل ۳: ارتباط بین الگوی نیازمندی آمینواسید ضروری یافت شده با استفاده از رژیم غذایی آزمایشی با کپور، مارماهی ژاپنی (■)، گربه‌ماهی کانال (□)، آزادماهی چینوک (○) و الگوی اسیدهای آمینه (●) مشابه در لاشه ماهی. سطح هر اسید آمینه به مثابه درصدی از جمع ۱۰ اسید آمینه در هر گونه نشان داده شده است. خط نشان دهنده نیازمندی و الگوی بافت می‌باشد.

جدول ۳: الگوی درصد متوسط نیازمندی اسیدهای آمینه ضروری (EAA) در جیره غذایی ماهی و تغذیه اسیدهای آمینه ضروری در بافت بدن ماهی سالم (کامل)، صدف گردن کوتاه، میگوی دریایی و میگوی آب شیرین

نیاز ماهی (Ogino, 1980a)	بافت بدن ماهی کامل (Wilson & Cowey, 1985)	بافت صدف گردن کوتاه (Deshimaru <i>et al.</i> , 1985)	لارو <i>P. japonicus</i> (Teshima, Kanazawa & Yamashita, 1986)	ماهی جوان <i>P. paulensis</i> (Deshimaru & Shigeno, 1972)	ماهی جوان <i>P. paulensis</i> (unpublished data)	ماهیچه دم <i>M. rosenbergii</i> (Farmanfarman & Lauterio, 1980)	اسیدهای آمینه ضروری
۷/۵	۶/۷	۸/۲	۵/۹	۹/۶	۹/۲	۱۰/۶	ترئونین
۷/۳	۱۴/۶	۸/۳	۸/۸	۸/۵	۹/۵	۹/۵	والین
۶/۵	۷/۰	۵/۴	۵/۷	۵/۴	۵/۵	۵/۴	میتونین
۷/۴	۶/۹	۸/۶	۹/۱	۶/۸	۸/۰	۷/۵	ایزولوسین
۱۴/۸	۱۲/۶	۱۵/۰	۱۲/۱	۱۴/۰	۱۴/۶	۱۳/۵	لوسین
۷/۳	۹/۲	۹/۰	۸/۶	۷/۷	۸/۳	۹/۵	فنیل آلانین
۱۷/۱	۱۵/۴	۱۵/۸	۱۳/۱	۱۴/۷	۱۶/۹	۱۶/۸	لیزین
۴/۵	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۴	۵/۲	۴/۸	هیستیدین
۲۰/۶	۱۴/۳	۱۵/۲	۱۴/۱	۱۵/۵	۱۲/۳	۱۱/۶	آرژنین
NA	NA	NA	۶/۳	۲/۷	۱/۷	۱/۷	تریپتوفان
NA	۳/۰	۲/۱	۲/۴	۲/۷	۲/۰	۲/۷	سیستین*
۶/۶	۶/۷	۷/۸	۹/۲	۷/۸	۶/۶	۶/۵	تیروزین*

NA - داده‌ها تجزیه و تحلیل نشده‌اند. \* - اسیدهای آمینه غیر ضروری. همه مقادیر بعنوان درصدی از کل اسید آمینه ضروری + سیستین و تیروزین بیان شده است.

در صورت فقدان اطلاعات کمی دقیق در مورد نیازمندی‌های اسیدآمین‌ها ضروری در رژیم غذایی میگو و اکثر گونه‌های پرورشی ماهی، نیازمندی‌های تغذیه‌ای می‌تواند در ابتدا براساس الگوی اسیدآمین‌ها ضروری کالبد ماهی ارائه گردد که در ۳۵ درصد نیازمندی‌های پروتئین رژیم غذایی گونه‌های مذکور، براساس اسیدآمین‌ها ضروری (شامل اسیدآمین‌های سیستین و تیروزین) شامل حدود ۳۵ درصد کل رژیم پروتئین مورد نیاز ماهی می‌باشد (جدول ۲).

بنابر این، اگر در یک میگو یا ماهی مشخص شد که رژیم پروتئین مورد نیاز ۴۵ درصد است، پس نیازمندی به اسیدآمین‌ها موجود در رژیم بایستی براساس الگوی اسیدآمین‌ها کالبد به میزان ۳۵ درصد از سطح پروتئین موجود در رژیم غذایی محاسبه گردد. برای مثال، اگر الگوی اسیدآمین‌ها کالبد برای لیزین ۱۶/۹ درصد از کل اسیدآمین‌ها ضروری باضافه سیستین و تیروزین موجود باشد، پس سطح نیازمندی رژیم برای لیزین ۱۶/۹ درصد وزن خشک خواهد بود (یعنی ۴۵ درصد پروتئین ماهی جیره).

جدول ۴، به عنوان راهنما احتیاجات اسیدآمین‌ها ضروری رژیم محاسبه شده ماهی و میگو را در سطوح مختلف پروتئین رژیم ارائه می‌نماید. براساس الگوی اصلی اسیدآمین‌ها کالبد کل بافت ماهی و صدف گردن کوتاه (بافت صدف گردن کوتاه در فقدان الگوی اسیدآمین‌ها کالبد میگو در نظر گرفته می‌شود).





## ۲-۶-۲: کاربرد اسیدهای آمینه آزاد

ماهی یا میگوی جوان که در رژیم غذایی آنها، نسبت قابل توجهی از پروتئین غذایی به صورت اسیدهای آمینه (آزاد) یا "متبلور" (کریستالی) وجود داشته باشد، به طور معمول رشدی کمتر از حد معمول و کارایی تبدیل غذایی کمتری را در مقایسه با جانورانی نشان می‌دهند که از اسیدهای آمینه دارای پیوند پروتئینی یا پروتئین کامل تغذیه کرده‌اند (Walton *et al.*; Wilson *et al.*, 1978; Robinson *et al.*, 1981; Yamada *et al.*, 1982; 1975; 1974a, Deshimaru & Kuroki, 1981; Deshimaru, 1981). به طور کلی، اسیدهای آمینه آزاد در جیره غذایی ماهی بمراتب سریعتر از اسیدهای آمینه وابسته به پروتئین جذب می‌شود. آزمایش‌های انجام شده در مورد قزل‌آلای رنگین کمان (Yamada *et al.*, 1981)، کپور معمولی یا ماهی قنات (Plakas *et al.*, 1980) و تیلاپیا (*niloticus*) (Yamada *et al.*, 1981) که با جیره غذایی آزمایشی اسیدهای آمینه آزاد تغذیه شدند، نشان داد که حداکثر غلظت اسید آمینه پلاسما سریعتر از (بترتیب ۱۲-۲۴ ساعت و ۲-۴ ساعت و ۲ ساعت) یک جیره مشابه دارای کازئین (بترتیب ۲۴-۳۶ ساعت و ۴ ساعت و ۴ ساعت) بوقوع می‌پیوندد. بعلاوه، بنظر می‌رسد در ماهی کپور اسیدهای آمینه آزاد منفرد با نسبت‌های متفاوتی از دستگاه معدی-روده‌ای جذب می‌شود و در نتیجه، اوج غلظت‌های پلاسمایی اسیدهای آمینه منفرد به طور همزمان اتفاق نمی‌افتد (Plakas *et al.*, 1980). بنظر می‌رسد که این وضعیت در میگوی جوان معکوس باشد. برای مثال، "دشیمارو" (۱۹۸۱) نشان داد که نسبت جذب آرژنین آزاد جیره غذایی در پروتئین ماهیچه بوسیله میگوهای جوان در مقایسه با آرژنین وابسته به پروتئین (با جذب بالای ۹۰ درصد) بی‌نهایت پائین بوده است (با جذب کمتر از ۶ درصد). اما، با وجود آنکه "دشیمارو" (۱۹۸۱) هیچ اثر مفیدی از اسید آمینه آزاد اضافه شده بر جیره غذایی را بر رشد در رابطه با میگوی جوان ژاپنی (*Penaeus japonicus*) گزارش نکرد ولی مطالعات اخیر نشان داده است که لاروهای

این گونه قادر به مصرف جیره‌های کامل شده‌ای با اسید آمینه به منظور رشد می‌باشند (Teshima, Tonazawa & Yamashida, 1986).

برای اینکه ترکیب مناسب پروتئین صورت پذیرد ضروری است که همهٔ اسیدهای آمینه (آنهایی که از پروتئین‌های کامل مشتق می‌شوند یا اسیدهای آمینه‌ای که اضافه شده‌اند) به طور همزمان در اختیار بافت قرار گیرند. اگر چنین تعادلی حاصل نشود، پیامد آن کاتابولیسم اسید (تجزیه) و متعاقب آن توقف رشد و کارایی تغذیه است. بنابر این، برای گونه‌هایی از ماهی‌های آب گرم که جذب سریع ترکیب اسیدهای آمینه آزاد را نشان می‌دهند ضروری است که:

۱- آزادسازی یا جذب اسیدهای آمینه آزاد از جیره غذایی کاهش یابد، به طوری که اختلافات در نسبت جذب مشاهده شده بین اسیدهای آمینه آزاد وابسته به پروتئین را به حداقل برساند (به دست آمده بوسیله اسیدهای آمینه منفرد با پوشش کازئین، زئین یا غشاء نایلونی پروتئین دار (Teshima, Kanacawa & Yamashita, 1966; Murai *et al.*, 1982)

۲- دفعات دادن غذا از ۲ یا ۳ بار در روز به بیش از ۱۸ بار در روز افزایش یابد به طوری که اختلافهای مشاهده شده در غلظت اسید آمینه پلاسما به حداقل برسد (Yamada, Tanaka & Katayama, 1981).

### ۳-۶-۲: ترکیب اسید آمینه و کیفیت پروتئین

بر اساس مباحث فوق آشکار است که کیفیت پروتئین یک ترکیب غذایی وابسته به ترکیب اسید آمینه پروتئین و قابلیت دسترسی بیولوژیک به اسیدهای آمینه موجود است. به طور کلی، هر قدر الگوی اسید آمینه ضروری پروتئین به نیاز غذایی اسید آمینه ضروری جیره غذایی گونه‌ها نزدیکتر باشد، ارزش غذایی و کاربرد آن بالاتر است. برای مثال، جدول ۵ "میزان شیمیایی" یا مقادیر بالقوه پروتئین برخی از پروتئین‌های غذایی با مورد مصرف بیشتر را نشان می‌دهد. اندازه شیمیایی ۱۰۰ نشان می‌دهد که سطح یک اسید آمینه ضروری ویژه در پروتئین غذا شبیه به سطح

نیاز اسیدآمینة ضروری جیره غذایی برای ماهی است (هنگامی که به صورت درصدی از اسیدهای آمینه کلی به اضافه سیستئین و تیروزین نشان داده شد) همانگونه که توسط "اوگینو" (۱۹۸۰a) تعیین شد. میزان شیمیایی پروتئین به صورت درصدی از اسیدآمینة ضروری در بیشترین حالت کمبود مربوط به الگوی نیاز جیره غذایی در نظر گرفته می‌شود. این روش سنجش کیفی پروتئین بر این مفهوم مبتنی است که ارزش غذایی یک پروتئین در درجه اول بستگی به مقدار اسیدآمینة ضروری در بیشترین حالت کمبود پروتئین در مقایسه با یک پروتئین مرجع دارد (در این مورد پروتئین مرجع نیازمندی‌های اسیدآمینة ضروری جیره غذایی ماهی است، همانطور که توسط "اوگینو" در سال ۱۹۸۰a تعیین شد). در جدول ۵ می‌توان مشاهده نمود که در مقایسه با خوراک ماهی یا ماهیچه ماهی که دارای میزان مناسبی از اسیدآمینة ضروری و میزان شیمیایی زیاد (C.۸۰) می‌باشد، اکثر منابع پروتئینی ارائه شده بعنوان منبع خالص پروتئین رژیم غذایی برای ماهی با رژیم غذایی کامل در نظر گرفته شده برای مزرعه‌های پرورش ماهی، فاقد تناسب اسیدآمینة‌ای هستند. هدف از فرموله کردن غذا، مخلوط کردن پروتئین‌ها با کیفیت مختلف است تا الگوی مطلوب اسیدآمینة ضروری برای گونه‌های میگو و ماهی در پاسخ به نیازهای آنها بدست آید (تغذیه کردن با جیره کامل).

اما، رابطه فوق میان کیفیت پروتئین و الگوی اسیدآمینة ضروری فقط در صورتی درست تلقی می‌شود که اسیدهای آمینه منفرد از نظر بیولوژیک به طور مساوی برای حیوان قابل دسترسی باشند. برای مثال، تحت شرایط خاص برخی از اسیدهای آمینه ممکن است غیرقابل دسترس باشند زیرا پروتئین‌ها در جیره غذایی بطور ناقصی هضم می‌شوند. بنابر این، ماهی گوشتخوار و گونه‌های میگو، دیواره سلولی سلولزی موجود در منابع پروتئین گیاهی ممکن است پروتئین‌های موجود در داخل سلول را برای آنزیم‌های گوارشی غیرقابل دسترس نماید. در سایر موارد، هضم ممکن است بواسطه وجود آنزیم‌های مهارکننده در پروتئین غذایی (مهارکننده تریپسین در سبوس دانه‌های نارس) به تاخیر بیفتد. اگر چه ممکن است این مهارکننده‌ها بواسطه فرآیند حرارتی متوسط غیرفعال شوند، تحت شرایط درمان حرارتی بالا پروتئین‌ها نسبت به



گوارش (هضم) مقاومت می‌شوند که این مسئله ناشی از تشکیل پیوندهای پپتید بین زنجیره‌های جانبی لیزین و اسیددی کربوکسیلیک است. گروه‌های آمینو افسیلون آزاد بویژه برای آسیب مستعد هستند در حالیکه آنها ترکیبات اضافی با ترکیبات غیرپروتئینی (کاهش قندها از قبیل گلوکز حرارتی می‌دهند) موجود در مواد غذایی را تشکیل می‌دهند (Cackerell, Francis & Hallidy, 1972). این واکنش به عنوان واکنش Maillard معروف است و پایه آن غیرقابل دسترس نمودن لیزین از نظر بیولوژیک است. مواد دیگری بجز قندهای احیاءکننده که با گروه‌های آمینو افسیلون آزاد لیزین واکنش نشان می‌دهند، شامل گوسیپول و ترکیبات دارای فنل می‌شود که در دانه‌های پنبه وجود دارد. در رابطه با قابلیت دسترسی بیولوژیک اسیدهای آمینه در پروتئین‌های غذا و در نتیجه یک شاخصی از کیفیت پروتئین می‌توان تخمینی را از طریق اندازه‌گیری شیمیایی لیزین آزاد یا قابل دسترسی پروتئین در غذا، انجام داد (Cowey, 1979).

شکل الف ( ساختار شیمیایی اسیدهای آمینه رایج





### ۲-۷- ارزیابی کیفیت پروتئین

علاوه بر اندازه‌گیری شیمیایی اسیدهای آمینه و قابلیت دسترسی آن‌ها در پروتئین‌های غذا، تعداد زیادی روش‌های بیولوژیک برای ارزیابی کیفیت پروتئین وجود دارد.

**سرعت رشد ویژه (SGR):** سرعت رشد یک حیوان، شاخصی نسبتاً حساس برای تعیین کیفیت پروتئین است. تحت شرایط کنترل شده، کسب ازدیاد وزن متناسب با مصرف اسیدهای آمینه ضروری می‌باشد. SGR روزانه می‌تواند با استفاده از فرمول ذیل محاسبه شود:

$$SGR = \frac{\text{وزن اولیه بدن} - \text{وزن نهایی بدن}}{\text{دوره زمانی (به روز)}} \times 100$$

**FCR:** مقدار گرم غذایی مصرف شده در گرم وزن بدن (FCR) نسبت تبدیل غذا از دیاد وزن

$$FCR = \frac{\text{*غذای خورده شده}}{\text{*ازدیاد وزن}}$$

\* بر مبنای غذای خورده شده یعنی وزن خشک

\*\* از دیاد وزن تازه یا مرطوب

**کارایی غذا (FE):** از دیاد وزن به گرم در غذای مصرف شده به گرم می‌باشد. واحدها در بالا بیان شده‌اند.

$$FE = \frac{\text{ازدیاد وزن}}{\text{غذای خورده شده}}$$

**نسبت کارایی پروتئین (PER):** از دیاد وزن به گرم در گرم پروتئین مصرفی است.

$$PER = \frac{\text{*ازدیاد وزن}}{\text{پروتئین مصرف شده}}$$

\* با این روش هیچ جیره‌ای برای نگهدارنده مصرف نمی‌شود: یعنی در این روش فرض می‌شود همه پروتئین برای رشد مصرف شود.

مصرف آشکار پروتئین خالص (Npu آشکار): درصد پروتئین جذب شده‌ای است که به صورت پروتئین بافتی ذخیره شده است.

$$\text{Npu آشکار} = \frac{pb - pa}{pi} \times 100$$

که در آن pb، پروتئین کلی بدن در پایان آزمایش تغذیه است، pa، پروتئین کلی بدن در شروع آزمایش است و pi مقدار پروتئین مصرف شده پیش از آزمایش است. در این محاسبه هیچ جیره اضافی برای از دست دادن پروتئین درون‌زا داده نشده است. بر خلاف روش‌های قبلی سنجش کیفیت پروتئین، این روش نیازمند یک نمونه معرف از حیوانات است که باید در ابتدا و پایان آزمایش تغذیه برای تجزیه پروتئین بدن آنها کشته شوند.

مانع عمده این روشها در پیش‌بینی رژیم غذایی یا کیفیت پروتئین این است که آنها بایستی تحت شرایط آزمایشی کنترل شده انجام گیرند که ارگانسیم‌های غذای طبیعی در آب وجود نداشته باشند. در نتیجه، این روش‌ها فقط می‌توانند در سیستم پرورش متمرکز یا آب تمیز بکار روند.

#### ۸-۲: اجزاء نیتروژنی غیرپروتئینی

اسیدهای آمینه نه تنها بعنوان تشکیلات ساختمانی پروتئین مهم هستند بلکه بعنوان مواد متشکله اولیه یا اصلی نیتروژن برای بسیاری از ترکیبات غیرپروتئین نیتروژن‌دار نیز دارای اهمیت می‌باشند. جدول ۶ بعضی از ترکیبات نیتروژنی غیرپروتئین را ارائه می‌کند که از اسیدهای آمینه منشاء می‌گیرند.

جدول ۶: اجزاء نیتروژنی غیرپروتئینی مشتق شده از اسیدهای آمینه در حیوانات<sup>۱</sup>

ترکیب نیتروژنی	اسید آمینه پیش ساز	وظیفه فیزیولوژیک ترکیب
پیریمیدین <sup>۲</sup> ، پورین	اسیداسپارتیک، گلیسین	تشکیل دهنده نوکلئوتید و اسیدنوکلئیک
کراتین	آرژنین، گلیسین	ذخیره انرژی کراتین فسفات در ماهیچه
اسیدصفرای (اسیداستارو هولیک، گلیکو هولیک)	سیستین، گلیسین	اسیدصفرای با کمک به جذب و هضم چربی
تیروکسین، اپی نفرین و نوراپی نفرین	تیروزین	هورمونها
اتانول آمین و کولین	سزین	تشکیل دهنده فسفولیپیدها
هیستامین	هیستیرین	یک هورمون گشادکننده رگ
سروتونین	تریپتوفان	انتقال موج عصبی
پورفرین	گلیسین	تشکیل دهنده هموگلوبین و سیتوکروم
نیاسین	تریپتوفان	ویتامین
ملانین	تیروزین	ماده رنگی پوست و چشم

## 1- Lloyd, McDonald &amp; Crampton (1978)

۲- پیریمیدین و پورین که بترتیب در رژیم غذایی ضروری نوترینت‌ها برای از تخم بیرون آمدن نوزاد ماهی پیشنهاد شده‌اند (Dabrowski & Kaushik, 1982) و آرتمیا سالینا<sup>۱</sup> (Hernandorena, 1983)

## ۹-۲: آسیب‌شناسی پروتئین و اسید آمینه

## ۱-۹-۲: کمبود اسیدهای آمینه ضروری در رژیم غذایی

1- *Artemia salina*

گرچه همه ماهیان مورد آزمایش که با رژیم غذایی تحت کمبود اسیدهای آمینه ضروری تغذیه شدند، کاهش رشدی را نشان دادند، تحت شرایط آزمایشگاهی با ماهی جوان که دارای جیره غذایی مصنوعی بوده و با کمبود یک یا تعداد بیشتری از اسیدهای آمینه ضروری ارائه شده است، علائم کمبود فاحش در تشریح مشاهده شده است،

محدودیت اسیدهای آمینه ضروری	ماهی	علائم کاهش <sup>۱</sup>
لیزین	ماهی آزاد گرد نری ( <i>Salmo gairdneri</i> ) کپورنقره‌ای ( <i>Cyprinus carpio</i> )	ساییدگی باله دم/پشتی <sup>۲</sup> (۱ و ۲) افزایش مرگ و میر <sup>۲</sup> افزایش مرگ و میر <sup>۳</sup>
متیونین	قرال‌آلای رنگین‌کمان ( <i>S. gairdneri</i> ) ماهی آزاد گونه سالمو ( <i>Salmo salar</i> )	آب مروارید <sup>۴</sup> و <sup>۵</sup> آب مروارید <sup>۶</sup>
تریپتوفان	قرال‌آلای رنگین‌کمان ( <i>S. gairdneri</i> )	خمیدگی (کزپشتی) <sup>۲</sup> (۷-۱۰) و رسوب کلسیم در کلیه (۸)، آب مروارید (۷)، ساییدگی باله‌دمی، کاهش کلسیم محتوی چربی (۹)، بالارفتن کلسیم، سدیم و پتاسیم در لاشه (۱۰)
مسیسلانوس	<i>Oncorhynchus nerka</i> <i>O. keta</i> <i>C. carpio</i>	خمیدگی طرفی ستون مهره‌ها (۱۱) خمیدگی طرفی ستون مهره‌ها زیادشدن انحنا فقرات کمری بجلو (۱۲) افزایش مرگ و میر و شیوع زیادشدن انحنا فقرات کمری بجلو بواسطه کمبود لوزین، ایزولوزین، لیزین، آرژنین و هیستیدین

1)1-Walton, Cowey and Adron (1984); 2-Ketola (1983); 3-Mazid *et al.*, (1978); 4-Walton, Cowey and Adron (1982); 5-Poston *et al.*, (1977); 6-Barash, poston Rumsey (1982); 7-Walton *et al.*, (1984); 8-Kloppel and post (1975); 9-Poston Rumsey (1983); 10-Shanks, Gahimer and Halver (1962); 11-Halver and Shanks Akiyama *et al.*, (1985a).

۲) انحاء ستون فقرات

تحت شرایط متمرکز ممکن است کمبود اسیدهای آمینه ضروری جیره غذایی ناشی از یکی از چهار علت ذیل باشد:

- فرمول غذایی ناقص، ناشی از استفاده نامتناسب از مقدار پروتئین‌ها همراه با کمبود طبیعی بویژه اسید آمینه ضروری است (جدول ۵).

رژیم غذایی نامتعادل ممکن است ناشی از وجود نامتناسب اسیدهای آمینه خاص شامل لوسین، ایزولوسین با اثر مخالف هم و آرژنین/ لیزین و سیستئین/ متیونین با اثر مخالف هم باشد. برای مثال، خون منبع غنی از والین، لوسین و هیستیدین است اما منبعی فقیر برای متیونین و ایزولوسین می‌باشد. اما از دیدگاه اثر مخالف لوسین بر ایزولوسین، حیواناتی که با سطوح غذایی بالا از غذای خون تغذیه می‌شوند، کمبود ایزولوسین ناشی از افزایش در رژیم لوسین را تحمل می‌نمایند (Taylor, Cowey & Lewis, 1977).

اگر چه اثر متقابل مشابهی برای سیستئین و متیونین (استفاده از هیدرولیز غذای سبک - Harper, Benevenga & Wohlhueter, 1970) و آرژنین، لیزین (Ichhponani & Lodhi, 1976) در حیوانات خاکزی پرورشی گزارش شده است و این آثار در ترکیبات رژیم غذایی مصنوعی اسیدهای آمینه ماهی رخ نداده است (Robinson, Wilson & Poe, 1981).

- کمبود اسیدهای آمینه ضروری ممکن است ناشی از افزایش حرارت غذا بر پروتئین‌ها طی مدت عمل‌آوری غذا باشد.

- کمبود اسیدهای آمینه ضروری ممکن است ناشی از عمل شیمیایی پروتئین‌های غذایی با اسیدها (تولیدات علف) یا الکل‌ها باشد که در نتیجه بترتیب کاهش در تربیتوفان آزاد، لیزین و سیستئین (Kies, 1981) ایجاد می‌نماید.

- کمبود اسیدهای آمینه ضروری ممکن است ناشی از شستشوی اسیدهای آمینه آزاد یا وابسته به پروتئین در داخل آب باشد. برای مثال، گرابنر<sup>۱</sup>، ویسیر<sup>۲</sup> و لکنر<sup>۳</sup> (۱۹۸۱) کاهش را



در خلال شستن تقریباً تمام اسیدهای آمینه آزاد و یک سوم اسیدهای آمینه وابسته+ آزاد از زئوپلانکتون منجمد یا منجمد خشک (آرتمیاسالینا<sup>۱</sup> و گونه موانیا<sup>۲</sup>) بعد از فرو برده شدن در آب ۹°C به مدت ۱۰ دقیقه گزارش نمودند. کاهش قابل ملاحظه‌ای در اسیدهای آمینه قابل حل در آب در کپور طی جویدن مشاهده شده است (Yamada & Yone, 1986). اما، مسئله شستشوی مواد مغذی در مواد قابل حل در آب احتمالاً برای خرچنگها به سبب عادت غذائیشان و نیاز به جویدن غذا مقدم بر هضم بیشتر می‌باشد (Farmanfarmaian, 1982, Lauterio & Ibe). برای مثال، بگز<sup>۳</sup> و اسلوان<sup>۴</sup> (۱۹۸۱)، ۲۸ درصد تلفات پروتئین رژیم را طی آماده سازی و آبگیری آلزینات خشک در رژیم غذایی میگو در ابتدای تغذیه و کل پروتئین را به میزان ۳۹ تا ۴۷ درصد بعد از ۶ ساعت فروردن در آب دریا گزارش نمودند. عموماً مواد مغذی کاهش بیشتری را در آب شیرین نسبت به آب دریا نشان می‌دهند (Brooks, Ross & Balazs, 1973). اما، مسائل شستشوی مواد مغذی توسط رژیم تغذیه‌ای اختصاصی (یعنی تغذیه منظم نسبت به تغذیه کم - Sedgulick, 1979) و یک رژیم غذای مناسب اجباری یا فن کپسول سازی کوچک (Duane; Jones et al., 1976 Brown, Conklin & Gold Blatt, 1980) به حداقل برسد.

## ۲-۹-۲: اسیدهای آمینه غیر ضروری سمی

آسیب‌شناسی تغذیه‌ای ممکن است ناشی از بلع پروتئین غذایی محتوی اسیدهای آمینه سمی باشد. معمولاً پروتئین‌های غذایی مورد مصرفی که حاوی اسیدهای آمینه سمی باشند شامل دانه‌های سویا با خصلت قلبیایی (اسیدآمینه سمی لیزینوآلانین)، سویای *Leucaena leucocephala* یا اپیل اپیل (اسیدآمینه سمی - میموزین) و لوبیای *Vicia faba* (اسیدآمینه سمی - دی‌هیدروکسی فنیل آلانین) می‌باشد.

- 
- 2- Wieser
  - 3- Lackner
  - 1- Artemia Salina
  - 2- Moina spp.
  - 3- Bages
  - 4- Sloane

## فصل سوم

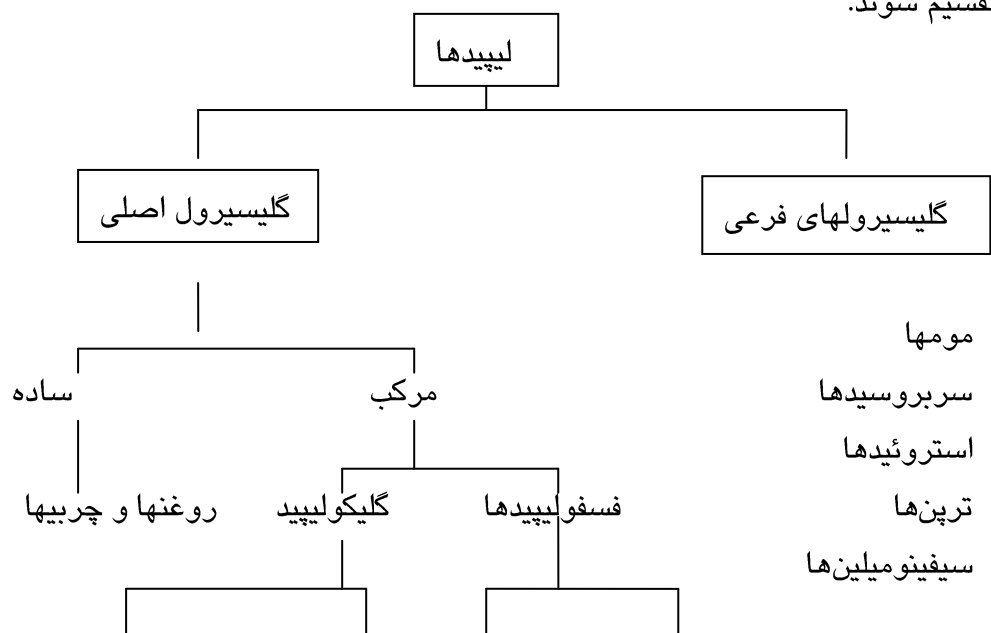
### مواد مغذی ضروری - چربیها

چربیها یک گروه نامتجانس از مواد یافت شده در بافتهای گیاه و حیوان هستند با خواصی که نسبتاً آنها را در آب غیر محلول و در حلالهای آبی مانند اتر، کلروفرم و بنزین محلول می سازد.

۳-۱: لیپیدها

۳-۱-۱: طبقه بندی

لیپیدها ممکن است در ۲ گروه اصلی، براساس وجود یا فقدان گلیسیروول الکلی تقسیم شوند.



سفالین‌ها لیستین‌ها گالاکتولیپیدها گلوکولیپیدها

### ۲-۱-۳: عملکرد اصلی

لیپیدها منابع مهم انرژی متابولیک (ATP) می‌باشند. در واقع لیپیدها دارای غنی‌ترین انرژی در تمام مواد مغذی با ارزش انرژی بالا هستند.

لیپید	۹/۵ kcalg
پروتئین	۵/۶ kcalg
کربوهیدرات	۴/۱ kcalg

از این لحاظ، لیپیدهای رژیم غذایی ممکن است جهت جلوگیری از نابودی پروتئین برای رشد مصرف گردند بخصوص اسیدهای چرب آزاد مشتق شده از تری‌گلیسیریدها (چربیها و روغنها) منبع اصلی سوخت هوایی برای تأمین انرژی متابولیسم در ماهیچه ماهی می‌باشد.

- لیپیدها از اجزاء اصلی تمامی غشاهای سلولی و زیر سلولی (طبقات لیپید که شامل اسیدهای چرب اشباع نشده شامل فسفولیپیدها و استرهای استرول) می‌باشند.

- لیپیدها مانند حاملین بیولوژیک برای جذب ویتامین‌های قابل حل در چربی A، D، K و E انجام وظیفه می‌کنند.

- لیپیدها منبع اصلی اسیدهای چرب ضروری می‌باشند که بترتیب برای نگهداری و تکمیل غشاء سلولی و انتقال بهینه ضروری‌اند (متصل به فسفولیپیدها نظیر واسطه‌های امولسیون کننده) برای پیش‌ساز هورمونهای پروستاگلندین مورد نیاز می‌باشند.

- بنظر می‌رسد لیپیدها نقش حمایت کننده خودکار از ارگانهای حیاتی بدن و کمک به حفظ حالت شناوری خنثی ایفا می‌کنند.

- لیپیدها منبع استروئیدهای ضروری هستند که این استروئیدها یک سری اعمال بیولوژیک مهم را انجام می‌دهند (به عبارت دیگر، کلسترول با ویتامین D در بقاء سیستم‌های غشایی برای انتقال لیپیدها سر و کار دارد و به عنوان پیش‌ساز ویتامین

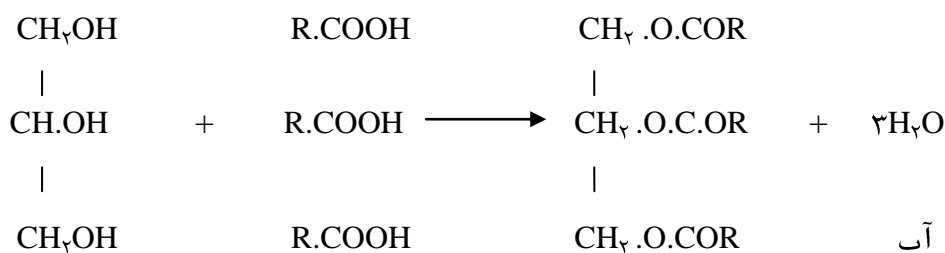
D<sub>۳</sub> اسیدهای صفرا و هورمونهای استروئیدی یعنی اندروژن، استروژن، هورمون آدرنال و کورتیکو استروئیدها عمل می‌نماید).  
- از دیدگاه فن تغذیه، لیپیدها بعنوان تسهیل کننده راه تغذیه یعنی ماده‌ای عمل می‌نماید که خشکی غذا را می‌گیرد و نقشی در لذیذ بودن غذا دارد.

### ۲-۳: روغن‌ها و چربیها

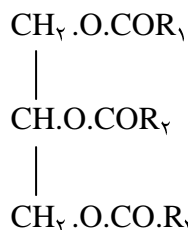
سوخت یا انرژی در گیاهان می‌تواند به صورت نشاسته و در جانوران به صورت گلیکوژن ذخیره شود، اما همچنین می‌تواند در گیاهان و جانوران بصورت کاملتری یعنی روغنی و چربی ذخیره گردد. در گیاهان، چربی‌ها و روغن‌ها از هیدراتهای کربن تشکیل می‌شوند (برای مثال، وقتی که دانه‌های گیاهان می‌رسند، محتویات نشاسته کاهش یافته و به همان اندازه محتویات چربی افزایش می‌یابد). در جانوران نیز چربی می‌تواند از هیدرات‌های کربن تشکیل شود (به عبارت دیگر، چربی خوک بیشتر متشکل از هیدرات کربن می‌باشد). اما، برخلاف گیاهان، جانوران می‌توانند چربی را در بدنشان به صورت چربی هضم شده ذخیره کنند. تنها اختلاف بین چربی‌ها و روغن‌ها، در این است که دومی در دمای اتاق، مایع ولی چربیها در دمای اتاق نیمه جامد هستند.

### ۱-۲-۳: ترکیب

چربیها و روغن‌های معمولی در ماده غذایی و در ذخیره چربی بیشتر جانوران به شکل تری‌گلیسیریدها می‌باشند که از اسید چرب و گلیسرول تشکیل شده‌اند.



تری‌گلیسیرید (روغن یا چربی) ۳ اسید چرب گلیسیرول  
 به طور طبیعی بنظر می‌رسد چربی‌ها و روغن‌های ترکیبی از تری‌گلیسیریدهای  
 مخلوط شده باشند جائیکه گلیسیرول با انواع مختلفی از اسیدهای چرب مثل اسید  
 چرب  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  استری شده است. بنابراین این:

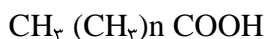


مخلوط تری‌گلیسیرید

در صورت تشکیل نشدن طبیعی، چربی و روغن یافت شده در طبیعت شامل  
 تری‌گلیسیرید تنها می‌باشد. می‌توان دید که واحد اساسی و متغیر در همه  
 تری‌گلیسیریدها، اسید چرب می‌باشد که به نوبه خود تأثیری در خواص فیزیکی و  
 شیمیایی روغن یا چربی خواهد داشت.

### ۲-۲-۳: ساختمان اسید چرب و طبقه‌بندی

در طبیعت بیش از ۴۰ نوع اسید چرب شناخته شده‌اند. آنها همه می‌توانند به وسیله  
 فرمول عمومی ذیل بیان شوند:



در اسیداستیک  $n=0$  جایکه

در پروپیونیک اسید  $n=1$

در بوتیریک اسید و غیره  $n=3$

تا بالاتر از  $n=24$  (جایی که  $n$  معمولاً یک عدد زوج است).

اکثر اسیدهای چرب طبیعی از یک گروه  $\text{COOH}$  منفرد و یک زنجیره کربنی مستقیم  
 غیر منشعب تشکیل شده‌اند که خود شامل پیوند غیر دوگانه (اسید چرب اشباع) و یک

پیوند دوگانه تنها (اسید چرب غیراشباع کوچک) یا بیشتر از یک پیوند دوگانه (PUFA) اسید چرب مرکب غیراشباع) می‌باشند. بنابر این، میزان غیراشباع بودن بطور عمده در خواص فیزیکی چربیهای تشکیل شده تاثیر دارد همانگونه که اسیدهای چرب غیراشباع، فعالیت شیمیایی مضاعف داشته و نقطه ذوب پائین تری نسبت به اسیدهای چرب اشباع شده مشابه دارند. مثالهای اسیدهای چرب اشباع شده و اشباع نشده در جدول ذیل آمده است.

علائم اختصاری کوتاه <sup>۱</sup>	ساختمان	اسید چرب (اشباع شده)
۴:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	اسید بوتیریک
۶:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$	کاپروئیک
۱۰:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	کاپریک اسید
۱۲:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	لوریک اسید
۱۴:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	مرستیک اسید
۱۶:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$	پالمیتیک اسید
۱۸:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{COOH}$	استئاریک اسید
۱۶: ۱n-۷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	اسید پالمیتولئیک
۱۸: ۱ n-۹	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	اسید اولئیک
۱۸: ۲ n-۶	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	اسید لینولئیک
۱۸: ۳ n-۳	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCH}_2=\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	اسید لینولئیک
۲۰: ۴ n-۶	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	اسید آراشیدونیک
۲۰: ۵ n-۳	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	اسید ایکوزوپنتائوئیک
۲۲: ۶ n-۳	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	اسید ایکوزوهگزانوئیک

۱- شماره اتم کربن: شماره پیوند دوگانه و وضعیت اولین پیوند دوگانه برای گروه قبل در انتهای اسید چرب شمارش می‌شود.

۲- در دمای اتاق مایع هستند.

بر اساس طبقه‌بندی جداول صفحه قبل اسیدهای چرب غیراشباع مرکب (PUFA) ممکن است به ۳ گروه بزرگ اصلی تقسیم شوند. گروه اولئیک (n-۹)، گروه لینولئیک (n-۶) و گروه لینولنیک (n-۳). نام خانواده نشانگر کوتاهترین عضو زنجیری گروه است و اعضای دیگر خانواده از این سه گروه اصلی متشکل می‌شود.

### ۳-۲-۳: بیوسنتز اسید چرب

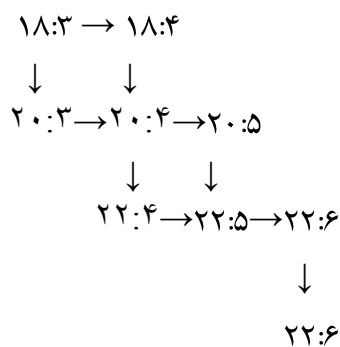
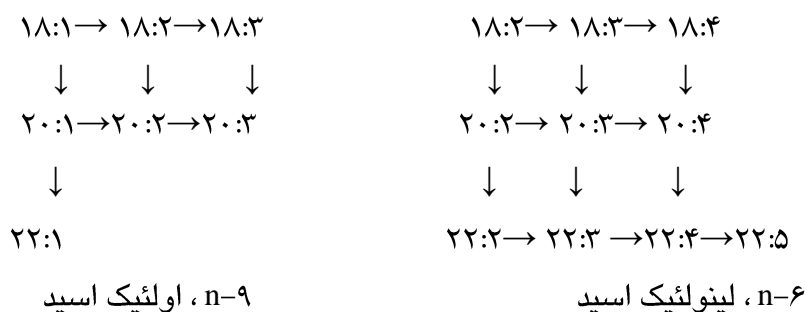
به استثنای حلزون خاکی (*Cepaea nemoralis*) جانوران دیگر قادر به ساخت دی نو<sup>۱</sup> از اسیدهای چرب با پیوندهای دوگانه n-۶ (گروه لینولئیک) و n-۳ (گروه لینولنیک) نمی‌باشند و فقط فعالیت موضعی EFA را داشته‌اند. این مسئله به این معنی است که اسیدهای چرب اولیه در بافتهای حیوانات خشکی‌زی متعلق به سری لینولئیک به طور مشخص به نام n-۳: ۱۸: ۲ (اسید لینولنیک) و n-۶: ۲۰: ۴ (اسید آراشیدونیک) می‌باشند.

از سوی دیگر، PUFA اولیه در بافت ماهی و میگو متعلق به سری لینولنیک (n-۳) می‌باشد و این شامل ماهی آب شیرین یا ماهی دریاست. غلظت PUFA<sup>۲</sup> n-۶ در بافتهای ماهی بطور کلی پائین است اگر چه مقادیر بالاتری در نمونه‌های ماهی آب شیرین دیده می‌شود. شاید تعجب‌انگیز نباشد که شخصی ملاحظه کند رژیم غذایی ماهی آب شیرین شامل ترکیبی از منابع خاکی است و در نتیجه غنی از سریهای n-۶ اسیدهای چرب می‌باشد. معمولاً اعتقاد بر این است که اسیدهای چرب سری n-۳ تا درجه عدم اشباع را میدهند که لازمه سیال بودن، انعطاف‌پذیری و نفوذپذیری غشاء در حرارت‌های پائین است. در واقع، معمولاً عقیده بر این است که نیاز رژیم غذایی ماهی به سری n-۳ نسبت به سری n-۶ به علت سردی آب محیط زندگی آنها می‌باشد (در مقایسه با پستانداران). در واقع هر چه درجه حرارت آب پائین‌تر باشد، سریهای PUFA n-۳ در بافتها بیشتر می‌شود.

1- de nove

2- PUFA: Polyunsaturated fatty acid

بطور کلی، از تفاوت PUFA n-۶ در بافت ماهیان آب شیرین و نمونه‌هایی از ماهیان دریایی، ماهی آب شیرین دارای غلظت بافتی بالاتری حاوی زنجیره‌های کوتاه‌تر از سری n-۳ است. بجز گونه‌های ماهی گوشتخوار، ماهی توانایی طویل گرداندن زنجیره و اشباع مضاف n-۶ یا n-۳ (با توجه به گونه‌های ماهی) مطابق با اسید چرب غیراشباعی بالا (HUFA<sup>۱</sup>) را دارد. اما اکثر جانداران توانایی سنتز زنجیره زوج اسیدهای چرب اشباع از استات یا افزایش دو واحد کربن به کربوکسیل انتهایی اسیدهای چرب و اضافه کردن پیوند دوگانه بیشتری در طرف کربوکسیل موجود در پیوند دوگانه را بجز طرف متیل دارند (Castell *et al.*, 1986). سیربیوشیمیایی در بیوسنتز UFA در ماهی و میگو می‌تواند به شکل ذیل خلاصه شود.



n-۳، لینولنیک اسید

\* پیکان‌های عمودی، امتداد زنجیر واکنش را بیان می‌دارند و پیکان‌های افقی نشانگر عکس‌العمل غیراشباع شدن می‌باشند.

1- HUFA: Highly unsaturated fatty acid



#### ۳-۲-۴: اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز

با توجه به ناتوانی حیوانات برای ساخت اسیدهای چرب *de nove* از ردیفهای ۶-n و ۳-n، این اسیدهای چرب باید همراه با رژیم غذایی بشکل از قبل آماده فراهم گردد. برای حیوانات خشکی، سری‌های ۶-n لینولئیک بالاترین فعالیت اسید چرب ضروری را نشان داده‌اند، در حالیکه سری ۳-n لینولئیک ۴:۲۰ n-۶ در سری‌های ۶-n و ۳-n:۵۰ یا ۶:۲۲ n-۳ در سری‌های ۳-n می‌باشد. بطور معمول باور براین است که UFA مسئول کلیه اعمال متابولیک EFA می‌باشد. در واقع برای بیشتر گونه‌های ماهی، HUFA دارای فعالیت EFA بالاتری نسبت به واحد اصلی مشابه (۳-n:۱۸ یا ۶-n:۱۸) است.

به طور کلی، ماهیان آب شیرین متعلق به آبهای سرد دارای نیازمندی خاصی برای سری‌های ۳-n، PUFA (۶:۲۲ n-۳، ۵:۲۰، ۳-n:۱۸) در رژیم غذایی‌شان هستند (یعنی ماهیان آزاد و آیو)، در حالیکه ماهیان آب شیرین متعلق به آبهای گرم نیاز به سری‌های ۳-n و سری‌های ۶-n، PUFA دارند (یعنی کپور، مارماهی و شاید گربه‌ماهی کانال) یا به تنهایی برای سری‌های ۶-n (یعنی تیلاپیا و شاید *Channa micropeltes* سرماری- برای دوره به Kanazawa, 1985 رجوع کنید). در انواع ماهیان گوشتخوار (یعنی ماهی سیم قرمزدریائی، ماهی سیم دریای سیاه<sup>۱</sup>، اُپالی<sup>۲</sup>، ماهی بادی<sup>۳</sup>، دم‌زرد<sup>۴</sup>، ماهی پهن<sup>۵</sup>، ماهی سیم طلایی<sup>۶</sup>، ماهی پهن<sup>۷</sup>) چون ارگانوسم‌های غذایی مصرف شده دارای مقادیر بالای ۶:۲۲ n-۳ و ۵:۲۰ n-۳ پرانرژی هستند، آنها توانائی طولانی کردن زنجیره غذایی و غیراشباع نمودن بیشتر (۳-n:۱۸) را مطابق با HUFA را از دست می‌دهند. بنابراین، در

- 
- 1- *Channa micropeltes*
  - 2- *Opaleye Givello nigricans*
  - 3- *Fuga rabripens*
  - 4- *Seriola quinqueradiata*
  - 5- *Pleuvonectes platessa*
  - 6- *Spavas auvatus*
  - 7- *Scophthalmus maximus*

ماهیان دریایی گوشتخوار  $n-3$ :۶:۲۲ یا  $n-3$ :۵:۲۰ باید در فرم آماده شده فراهم شوند (Kanazawa, 1985). نیاز روزانه EFA ماهیها در جدول ۷ خلاصه شده است. بر مبنای کلی، نیاز رژیم EFA در ماهیان با افزایش لیپید و کاهش دمای آب، افزایش می‌یابد (Castell *et al.*, 1970).

جدول ۷: رژیم غذایی اسید چرب ضروری (EFA) مورد نیاز ماهی (نیازمندی بیان شده بر حسب درصد غذای خشک)

مرجع	نیازمندی	ماهی
<b>آب شیرین - آب سرد</b>		
Castell <i>et al.</i> , (1970); Wataabe <i>et al.</i> , (1974); Yu & Sinnhuber (1972); Takeuchi & Watanabe (1977)	$n-3$ HUFA ۱٪ یا $n-3$ :۳:۱۸٪	ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Rainbow trout)
Yu & Sinnhuber (1979)	$n-3$ :۳:۱۸٪	ماهی آزاد Coho
Takeuchi & Watanabe (1979); Takeuchi & Watanabe (1982)	$n-6$ :۲:۱۸٪+ $n-3$ :۳:۱۸٪ یا $n-3$ HUFA ۱٪	Chum Calmon
Kanazawa (1985)	$n-3$ :۵:۲۰٪ یا $n-3$ :۳:۱۸٪	آیو (Ayu)
<b>آب شیرین - آب گرم</b>		
Takeuchi & Watanabe (1977a)	$n-6$ :۲:۱۸٪+ $n-3$ :۳:۱۸٪ یا $n-3$ HUFA ۰٪-۱-۰/۵٪	کپور معمولی (Common carp)
Robinson & Lovell (1984)	$n-3$ :۳:۱۸٪ <	گره‌ماهی (Channel catfish)
Kanazawa <i>et al.</i> , (1980a)	$n-6$ :۴:۲۰٪ یا $n-6$ :۲:۱۸٪	<i>Tilapia zillii</i>
Teshima, Kanazawa, Sakamoto Takeuchi, Satoh, Watanabe (1980)	$n-6$ :۴:۲۰٪ یا $n-6$ :۲:۱۸٪-۰/۵	<i>Tilapia nilotica</i>
Takeuchi <i>et al.</i> , (1980)	$n-3$ :۳:۱۸٪+ $n-6$ :۲:۱۸٪:۰/۵	مارماهی (Eel)
<b>ماهی دریا</b>		
Gates oupe <i>et al.</i> , (1977,1977) Leger <i>et al.</i> , (1979)	$n-3$ HUFA ۱٪-۰/۶	ماهی پهن (Turbot)
Yone <i>et al.</i> , (1979)	$n-3$ HUFA ۲/۰٪-۰/۵	سیم قرمز دریایی (Red seabream)

در حال حاضر، اطلاعات کاملی دربارهٔ نیاز به EFA در رژیم غذایی میگوی دریایی یا میگوهای آب شیرین وجود ندارد. اطلاعات موجود فقط پیشنهادی است ولی قطعی نیست، اما، مانند ماهیها، اعتقاد براین است که کد سری‌های ۳-ن در اسیدهای چرب، فعالیت EFA بالاتری نسبت به سری اسیدهای چرب ۶-ن در میگوی آب شیرین و میگوی آب شور دارد (Castell *et al.*, 1986; NRC, 1983; Sandifer & Joseph, 1976).

بطور کلی، ماهی دریایی و میگو و نرم‌تن منابع غنی رژیم غذایی سری EFA ۳-ن هستند. روغنهایی که ۳-ن ۵:۲۰ و ۳-ن ۶:۲۲ آنها حاوی بیش از ۲۰ درصد کل اسیدهای چرب می‌باشد عبارت از روغن کبدماهی، روغن کبداختاپوس، روغن صدف گردن کوتاه، روغن ساردین و میگوی سرروغنی و روغن کبدماهی مرکب می‌باشند. در مقایسه، روغن‌های گیاهی فراوانترین منبع رژیم غذایی از ۶-ن ۲:۱۸ هستند و محتوی مقدار کمی از سریهای ۳-ن اسیدهای چرب ضروری یا فاقد سریهای ۳-ن اسیدهای چرب ضروری می‌باشند. بجز روغن سویا، روغن تخم ترب و بخصوص روغن بذرکتان که ۳-ن ۳:۱۸ آن ممکن است بترتیب حاوی بیش از ۷، ۸ و ۵۶ درصد از کل اسیدهای چرب موجود می‌باشد. روغن‌های گیاهی ۶-ن ۲:۱۸ آنها شامل مقدار ۵۰ درصد یا بیشتر از کل اسیدهای چرب در دسترس می‌باشد شامل: روغن پنبه‌دانه، روغن ذرت، روغن آفتابگردان و روغن سویا می‌باشد. سرانجام مقادیر کم ۶-ن ۴:۲۰ (۱/۵-۰/۵٪) در روغنهای حیوانات خشکی‌زی (چربی خوک و پیه نهنگ) و آرد جگر روغن ماهی آزاد، روغن جگرماهی پولاک، روغن جگرده‌پا، روغن صدف گردن کوتاه، روغن ساردین، روغن ماهی اسکپ جک، روغن جگر اسکوئید و روغن شاه ماهی (شکل ۴) یافت شده است.

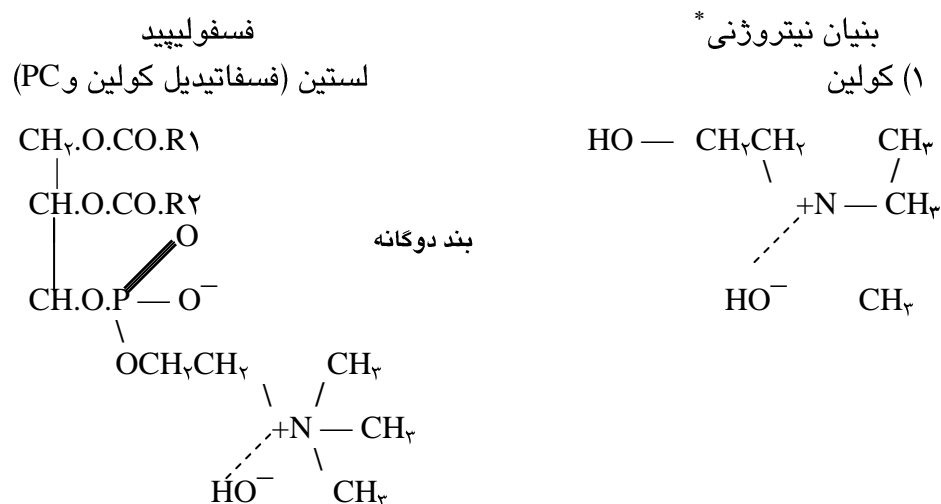
شکل ۴- اسید چرب ضروری تشکیل شده (گرم در صد گرم اسید چرب) از برخی روغن‌ها و چربیهای معمولی

### ۳-۳: فسفولیپیدها

در بدن حیوانات فسفولیپیدها دومین جزء بزرگ لیپید را بعد از روغنها و چربی‌های تری‌گلیسیریدها تشکیل می‌دهند. همه فسفولیپیدها مواد چرب جامد زرد هستند و بجز استن، قابلیت حل شدن در حلالهای چربی را دارند (این خاصیت اجازه می‌دهد تا به آسانی از اسیدهای چرب قابل تشخیص باشند).

#### ۱-۳-۳: ساختمان و عملکرد

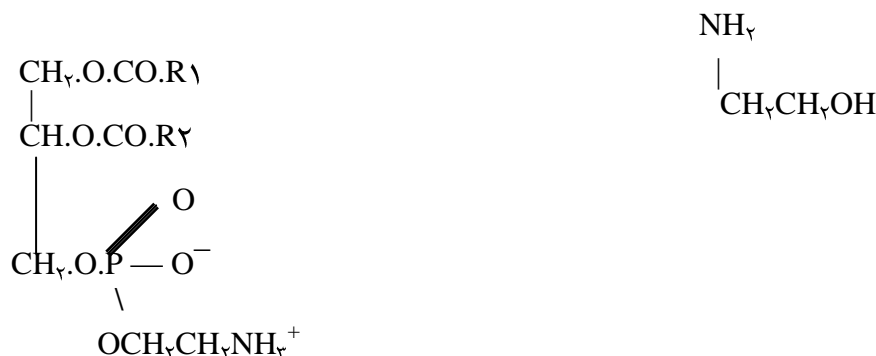
همانند چربیها و روغنها، فسفولیپیدها استراسیدهای چرب و گلیسیرول هستند. به‌رحال همانگونه که در چربیها و روغنها ساده، گلیسیرول با ۳ عامل الکلی و با ۳ اسید چرب استری می‌شود، در فسفولیپیدها فقط ۲ گروه الکلی گلیسیرول با اسیدهای چرب استری می‌گردد، گروه باقیمانده با اسیدفسفریک و یک بنیان نیتروژنی استری می‌شود. براساس حضور بنیان نیتروژنی، فسفولیپیدها به ۲ گروه متفاوت تقسیم می‌شوند: لستین‌ها (بنیان نیتروژنی-کولین) و سفالین‌ها (بنیان نیتروژنی اتانول‌آمین). پس ساختمان آنها می‌تواند به گونه ذیل ارائه گردد:



\* سایر بازهای نیتروژنی ممکن است شامل سرین و اینوزیتول باشند.

## (۲) اتانول آمین

## (PE و فسفاتیدیل اتانول آمین) سفالین



از این فرمول‌های ساختمانی می‌توان فهمید که فسفولیپیدها همانند اسیدهای چرب یک ناحیه قطبی و یک ناحیه غیرقطبی دارند. اما بر خلاف اسیدهای چرب، عملکرد یونی با حضور اسیدفسفریک و بنیان آلی نیتروژنی به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. بنابراین در ترکیب همان مولکول قسمت‌های آب دوست و آب گریز (زنجیره اسید چرب) قرار می‌گیرند. این مسئله به دلیل خاصیت واحد سطح فعال فسفولیپیدها در ترکیب با پروتئین‌هاست که ساختمان لیپوپروتئین اصلی غشاء زیستی را شکل می‌دهد. شایان ذکر است که اسیدهای چرب موجود در داخل فسفولیپیدهای حیوانات ( $R_1$   $R_2$ ) نسبت به اسیدهای چرب تری‌گلیسیریدها (چربی‌ها و روغن) اشباع نشده‌تر هستند. افزایش اشباع شدن اسیدهای فسفولیپید تا درجه زیادی ناشی از افزایش سطوح  $C_{22}$  و  $C_{24}$  اسیدهای چرب غیراشباعی است که تقریباً فقط در ۲ موقعیت محدود شده‌اند. بخصوص اسیدهای چرب  $n-3$ : $5$ : $20$  و  $n-3$ : $6$ : $22$  (EFA) ممکن است علتی برای ۸۰ درصد کل اسید چرب یافت شده در ۲ موقعیت باشد. بنابراین، منطقی است که طی کمبود EFA و آزمایش فسفولیپیدها در بافتها نشانگر حضور سطوح بالای اسیدهای چرب اشباع نشده مشتق از اسیداولئیک یا پالمیتولئیک می‌باشد، در مقایسه با حالات معمول که اسیدهای چرب اشباع شده مشتق از اسیدلینولئیک غالب می‌باشند. فسفولیپیدها همچنین نقش مهمی به مثابه عامل امولسیون‌سازی در سیستم‌های بیولوژیک بدن دارند و بخصوص در انتقال چربی در بدن مشارکت دارد.

برای مثال، فسفولیپیدها ممکن است در امولسیون‌سازی لیپیدهای رژیم غذایی طی هضم مشارکت نمایند و بعنوان جزء اصلی غلظت بالای لیپوپروتئین‌ها در نقل و انتقال لیپیدها داخل بدن نقش دارند (Kanazawa, Teshima & Sakamoto, 1985). منابع غنی غذایی فسفولیپیدها شامل تخم‌مرغ و روغن دانه سویا می‌باشد.

### ۲-۳-۳: رژیم مورد نیاز در مورد چربی‌ها

فسفولیپیدهای رژیم غذایی، اثری سودمند بر رشد بقای نوزاد ماهیان دریایی (سیم دریای سرخ Kanazawa et al., 1983a، بریدن آرواره Kanazawa et al.; Kanazawa et al., 1983: *Opleganathus fasciatus* P. japonicus: Deshimaru, ; Kanazawa, Teshima & Sakamoto, 1983a و al., 1983a) دارند که از رژیم غذایی نیمه مصنوعی پیروی می‌کند که در آن کولین و EFA بطور جداگانه به میزان برابر اضافه می‌شوند. بعلاوه، درجه تأثیر فسفولیپید در رشد و بقاء با توجه به نوع و منبع فسفولیپید بکار رفته تفاوت دارد. برای مثال، درجه تأثیر تخم‌ماهی تن PC و دانه سویا PC و فسفاتیدیل اینوزیتول دانه سویا (PI) نسبت به تخم ماهی تن (PE)، مغز گوسفند (PF)، مغز گوسفند فسفاتیدیل سرین (PS) یا تخم پرنده (PC) در لارو میگو *P. japonicus* بیشتر است (Kanazawa, Teshima & Sakamoto, 1985). این محققین همچنین نشان داده‌اند که سطح بالای فسفولیپید در رژیم غذایی برای لارو میگوی *P. japonicus* با توجه به منبع لیپید مورد استفاده متفاوت است. بنابراین، نیاز به رژیم سویای PC به نسبت ۰/۶ درصد و ۳/۵ درصد هنگامی بدست می‌آید که بطور وضوح ۹-n-۱۸ و ۱ درصد اسیدهای چرب غیراشباع یا روغن کبد ماهی پولاک (Pollack) بعنوان منبع لیپید روزانه بکار رود. میزان ۳ درصد نیاز رژیم غذایی برای سویای PC و برای (Kanazawa et al., 1983a) و لارو *P. japonicus* (Teshime et al., 1982) زمانی گزارش گردیده که روغن کبدماهی پولاک بعنوان منبع لیپید پایه بکار رفته است. "کانازاوا" (۱۹۸۵) گفته است که (۱) فسفولیپیدها شامل کولین یا اینوزیتول اثر مثبت بر رشد و بقاء خواهند داشت، (۲)

فسفولیپیدها شامل ۱۸:۲n-۶، ۱۸:۳n-۳، ۲۰:۵n-۳ و ۲۲:۶n-۳ در مولکول، بیشترین تاثیر را در توسعه رشد و بقاء دارد و (۳) بنظر می‌رسد تاثیرگذاری فسفولیپیدها مربوط به طبیعت اسیدهای چرب در موقعیت‌های  $\alpha$  و  $\beta$  مولکول فسفولیپید می‌باشد. نتیجه تاثیر سودمند رژیم فسفولیپیدها در رشد و بقاء لاروهای ماهی دریایی و خرچنگها و قابلیت طبیعی این حیوانات برای ساخت فسفولیپید از اسیدهای چرب و دی‌گلیسرید تعجب برانگیز است. اگر چه نیاز واقعی برای رژیم فسفولیپید در شرایط مزرعه‌داری عملی ثابت شده است ولی پیشنهاد شده که خاصیت رژیمی فسفولیپیدها با توجه به نیاز مشخص آنها برای جابجایی اسیدچرب در داخل بدن و نسبت پائین ساخت فسفولیپیدها در ارتباط با کاهش سوخت و ساز طی فاز رشد لارو می‌باشد (Teshima, Kanazawa, Kakuta, 1986).

#### ۳-۴: گلیکولیپیدها

گلیکولیپیدها از این نظر مشابه فسفولیپیدها هستند که دارای بنیان گلیسیرول می‌باشند و دو دسته الکل سبب استری شدن اسیدهای چرب می‌شوند، اما اختلاف در این است که گروه سوم به یک حلقه زنجیره قند متصل می‌باشد.



لیپیدهای علف‌ها و یونجه‌ها که قسمت عمده رژیم غذایی چربی پستانداران را تشکیل می‌دهند، به میزان ۶۰ درصد گالاکتولیپیدها هستند. بطور کلی، حدود ۹۵ درصد اسید چرب موجود، اسیدلینولئیک است (۶-۱۸:۲ n).

### ۵-۳: مومها

مومها استرهای اسیدهای چرب با الکهای منوهیدریک درشت مولکول می‌باشند که مشابه چربیها هستند، مومهای طبیعی مخلوطی از استرهای مختلف هستند که معمولاً در درجه حرارت اتاق جامد دارند. مومها بطور گسترده‌ای در گیاهان و جانوران پراکنده می‌باشند که آنها بطور کلی نقش حفاظتی را ایفا می‌کنند. برای مثال، مومها اغلب کوتیکول برگها و میوه را تشکیل می‌دهند که از دست دادن آب را در انتقال به حداقل می‌رسانند چون در حیوانات، پشم و پرها اغلب در برابر آب بوسیله طبیعت آب‌گریز پوشش موم محافظت می‌شوند. از میان بهترین مومهای شناخته شده حیوانات می‌توان به لانولین (که از پشم بدست می‌آید)، موم زنبور عسل (نوعی حشره) موم سفید (چربی وال) اشاره نمود.

در بعضی حیوانات آبی، مومها تا اندازه‌ای جانشین تری‌گلیسیریدها می‌شوند. برای مثال، در تعدادی از والها و تعدادی از خرچنگها مانند گونه *Calanus*، استرها جزء اصلی چربی را تشکیل می‌دهند. اگر چه مومها توسط حیوانات خشکی‌زی نمی‌توانند تجزیه شوند و بنابراین ارزش غذایی واقعی ندارند، ولی حیوانات دریایی بخصوصی چون ماهیان دریایی (یعنی ساردین‌ها، شاه‌ماهی و سالمون) که طعمه حیوانات غنی از موم حیوانی می‌گردند (مانند کوبه‌پوها) دارای موم استرلیپازها هستند و قادرند استرهای موم را بسازند و آنها را برای هضم قابل استفاده نمایند. اما چون اسید چرب موجود در این استرهای موم معمولاً اشباع می‌باشد و در نتیجه در زنجیره طولانی PUFA کمبود ایجاد می‌شود، آنها احتمالاً فقط بعنوان منبع انرژی بکار می‌روند تا آنکه اهداف ساختاری باشند.

**۳-۶: استروئیدها**

استروئیدها شامل گروهی گسترده و مهم از موادی شامل استرولها، اسیدهای استروئیدی، هورمونهای فوق کلیوی و هورمونهای جنسی است. گرچه این استروئیدها از خواص بیولوژیک ستردهای برخوردارند آنها همه واحد ساختاری اساسی از هسته فنانتین متصل به سیکلوپنتان دارند.

ترکیبات منفرد در شماره و موقعیت باندهای دوتایی و در طبیعت زنجیره کناری اتم کربن ۱۷ با هم تفاوت دارند. در اینجا مرجع فقط از کلسترول زئوسترول و اسیدهای صفراوی ساخته می‌شود.

**۳-۶-۱: کلسترول**

کلسترول به طور گسترده در بدن حیوانات، بخصوص در مغز و بافت عصبی، خون، صفرا، جگر و پوست وجود دارد. کلسترول بدن ممکن است در موقعیت آزاد وجود داشته باشد (به عبارت دیگر، کلسترول جزء اصلی سنگهای صفراست) یا بشکل اشباع شده در اسیدهای چرب و سایر اسیدهای معدنی وجود دارد. کلسترول وظایف بسیار مهمی را در بدن انجام می‌دهد:

- کلسترول با فسفولیپیدها و پروتئین‌ها از اجزای اصلی سیستمهای غشاء زیستی در تمام گونه‌های یوکاریوت هستند. حجم کلسترول در بافت حیوان مرتبط با سیستمهای غشایی می‌باشد.
- تعداد زیادی از استرولهای مهمی که در بدن یافت می‌شوند، از کلسترول ساخته شده‌اند. برای مثال، کلسترول پیش‌ساز اسیدهای صفراوی، هورمونهای استروئیدی (شامل آندروژن‌ها، استروژن‌ها، کورتیکواستروئیدها) و ویتامین D<sub>۳</sub> است.

کلسترول

۷-دهیدرو کلسترول

کول کلیسفرول (ویتامین D)

کلاسترول	اسد کولیک	تائورو کولیک اسید
<p>همچنین کلاسترول نقش مهمی را در جذب اسیدهای چرب از روده و متعاقب آن انتقال در خون یا لنف بعهدہ دارند. در این هنگام کلاسترول با اسیدهای چرب برای تشکیل استرهای کلاسترول ترکیب می‌شود که قابل حل‌تر و قابل جذب‌تر از مولکولهای اسید چربی آزاد هستند.</p> <p>در مقایسه با ماهی، خرچنگها مانند سایر جانوران مفصل‌دار در ساخت استرولهای دی‌نو و ازاستات و موالونات، ناتوان هستند (Teshima &amp; Kanazawa, 1971; Teshima, 1983).</p> <p>بنابراین در میگوی دریایی و آب شیرین، کلاسترول بعنوان یک ماده مغذی ضروری محسوب شده است. براساس مطالعات آزمایشگاهی در مورد میگوی <i>P. japonicus</i> سطح مطلوب کلاسترول رژیم غذایی بین ۲۰/۵-۰ درصد وزن خشک گزارش شده است (Deshimaru, 1981; Kanazawa et al., 1971; Teshima et al., 1982; Teshima &amp; Kanazawa, 1986).</p> <p>یک منبع غنی از کلاسترول در رژیم غذایی، روغن سرمیگو می‌باشد.</p>		

### ۲-۶-۳: اسیدهای صفراوی

این نوع از استروئیدها از ترکیب اسیدهای آمینه گلیسین یا تورین با اسیدکولیک (مشتقی از کلاسترول) ساخته شده‌اند. اسیدهای صفرا در کبد تغلیظ و ساخته می‌شوند و توسط کبد به داغخل صفرا دفع شده و از طریق مجرای صفرا به مجرای معدی \_ روده‌ای (ائودنوم) می‌رسد جائیکه آنها بعنوان امولسیون کننده‌های مهم بیولوژیک عمل می‌نمایند. آنها به قابل حل شدن گلبولهای چربی غذایی کمک می‌کنند به نحوی که

آنزیمها یا لیپازهای قابل حل در آب می‌توانند با مولکولهای چربی واکنش دهند و آنها را به چربیهای قابل جذب بشکنند. اسیدهای صفرا همچنین عبور از مسیر اصلی دفع کلسترول را تسهیل می‌کنند.

### ۳-۷: آسیب‌شناسی اسیدهای چرب ضروری

#### ۳-۷-۱: کمبود اسید چرب ضروری در رژیم غذایی

همه ماهی‌ها و میگوهای مورد آزمایش، کاهش رشد و بقاء و سوءتغذیه را زمانی نشان می‌دهند که با رژیم غذایی آزمایشی با کمبود اسیدهای چرب ضروری (EFA) تغذیه می‌شوند. علائم کمبود تشریحی نابهنجاری، تحت شرایط آزمایشگاهی در مورد ماهی جوان یا میگوی تغذیه شده با رژیم غذایی با کمبود EFA گزارش شده است.

علائم کمبود اسیدهای آمینه ضروری <sup>۱</sup>	گونه‌های ماهی/میگو
افزایش مرگ و میر، افزایش آمادگی برای فرسایش باله دمی توسط گونه <i>Flexedacterium sp.</i> ضعیف شده یا سندرم Shock و کاهش هموگلوبین و حجم سلول خونی (۱) نفوذ چربی، فساد تدریجی کبد و متورم و کم‌رنگ شدن کبد (۲و۱)، کاهش کارایی در تخم‌ریزی ماهی (کاهش تبدیل تخم به نوزاد /میزان بقای نسبی)(۳)	قزل‌آلای رنگین‌کمان ( <i>S. gairdneri</i> )
متورم و کم‌رنگ شدن کبد، افزایش شاخص رنگ جگری (چربی کبد)، مرگ و میر زیاد (۲)	ماهی آزادکوهو ( <i>O. kisutch</i> )
متورم و کم‌رنگ شدن کبد، افزایش شاخص رنگ جگری (چربی کبد)، مرگ و میر زیاد (۲)	ماهی آزادچشم ( <i>O. keta</i> )
افزایش مرگ و میر (۴)، چربی کبد (۵)	کپور معمولی ( <i>C. carpio</i> )
افزایش مرگ و میر (۶)	مارماهی ( <i>A. japonica</i> )
متورم و کم‌رنگ شدن کبد، چربی کبد (۷)	تیلاپیا ( <i>O. niloticus</i> )
کاهش کارایی در تخم‌ریزی (کاهش تبدیل تخم به نوزاد/بقاء، ۳)	ماهی سیم دریای سرخ ( <i>c. major</i> )
افزایش مرگ و میر، کاهش رشد، فساد مخاط برانش (۸)	سپرماهی ( <i>S. maximus</i> )

1- Castell *et al.*, (1972) ; 2- Takeuchi and Watanabe (1982) ; 3- Watanabe (1982); 4- Takeuchi and Watanabe (1977); 5- Farkas *et al.*, (1977); 6- Takeuchi *et al.*, (1980); 7- Takeuchi, Satoh and Watanabe (1983); 8- Bell *et al.*, (1985).

### ۲-۷-۳: اسیدهای چرب ضروری سمی در رژیم غذایی

تحت شرایط آزمایشگاهی نشان داده شده است که افراط در رژیم غذایی حاوی اسید چرب ضروری اثر منفی بر رشد و کارایی تغذیه دارد (قزل‌آلای رنگین‌کمان: Yu & Sinnhuber, 1979؛ ماهی آزاد کوهو Takeuchi & Watanabe, 1979؛ Yu & Sinnhuber, 1976؛ گربه ماهی کانال Robinson & Lovell, 1984؛ Lewis, Marks & Stickney 1985 نیل (Takeuchi, Satoh & Watanabe, 1983; Stickney & Wurts, 1986).

### ۳-۷-۳: اسیدهای چرب غیر ضروری سمی

اسیدسیکلوپروپنویک یک اسید چرب سمی یافت شده در لیپید محصولات دانه کتان می‌باشد. تجربه نشان داده است که اسیدسیکلوپروپنویک موجب کاهش میزان رشد در قزل‌آلای رنگین‌کمان مانند پتانسیل تشدیدکننده سرطان‌زایی آفلاتوکسین‌ها عمل می‌کند (Hendricks *et al.*, 1980, Lee & Sinnhuber, 1972). سایر مشاهدات آسیب‌شناسی شامل خسارت زیادی در کبد قزل‌آلا (کم‌رنگ شدن) با رسوب گلیکوژن افزایش یافته و محتوی پروتئین کاهش یافته و کاهش در فعالیت چندین آنزیم کلیدی می‌باشد (Roehm *et al.*, 1970; Taylor, Montgomery & Lee, 1973).

### ۴-۷-۳: اکسیداسیون لیپیدهای رژیم غذایی

در فقدان آنتی‌اکسیدان مناسب جهت حفاظت از لیپیدهای غنی موجود در PUFA، آنها به میزان زیادی برای اتواکسیداسیون در معرض اکسیژن اتمسفر آماده می‌باشند. در واقع تحت این شرایط، سودمندی تغذیه EFA به ضرر سلامتی ماهی و میگو تبدیل می‌شود. مواد غذایی فراوان در PUFA که بخصوص مستعد زیان ناشی از اکسیداسیون لیپید (تندی اکسیداسیون) می‌باشند شامل روغن ماهی، آرد ماهی، سبوس برنج و روغن خارج شده از دانه‌های روغنی می‌باشد که محتوی مقدار بسیار کم یا فاقد فعالیت آنتی‌اکسیدان است. طی مرحله اتواکسیداسیون لیپید، محصولات تنزل شیمیایی

تشکیل می‌شود که شامل رادیکالهای آزاد، پراکسیدازها، هیدروپراکسیدازها، آلانیدها و کتونها بوده که آنها بترتیب با سایر اجزاء رژیم غذایی (ویتامینها، پروتئینها و سایر لیپیدها) واکنش داده و ارزش بیولوژیک و دسترسی طی هضم را کاهش می‌دهد. در حال حاضر، اعتقاد براین است که تندی حاصل شده از اکسیداتیو یکی از عمده‌ترین تغییرات حاصله در فساد است که طی ذخیره مواد غذایی رخ می‌دهد (Cockerell, Francis & Halliday, 1972; Chew, 1980).

علائم آسیب‌شناسی تشریحی گسترده و متعددی در جیره غذایی ماهی شامل روغنهای اکسید شده ماهی/ گیاه بدون محافظت آنتی‌اکسیدان (ویتامین E) گزارش شده است:

گونه‌های ماهی	آثار آسیب‌شناسی روغن ماهی اکسیده شده <sup>۱</sup>
تیلپیا ( <i>O. niloticus</i> )	علائم خونریزی، با مقداری خونروی در رگهای خونی اطراف پوزه در پایه باله‌های سینه‌ای پشتی و انحناى ستون فقرات بطرف جلو و جلو آمدن کره چشم، ورم شکم (ادم)، آب مروارید، فروریختن کاسه چشمی، تیره شدن کبد، علائم ورم مجرای صفرا، التهاب بافت چربی قسمت شکم، ته‌نشینی سروئید بین سلولی در کبد، طحال، کلیه و مشیمیه (لایه رنگی بین شبکیه و صلبیه)، افزایش مرگ و میر (۱)
ماهی آزاد چینوک ( <i>O. tshawytscha</i> )	تیرگی رنگ بدن، کم‌خونی و بیحالی (مرگ کاذب)، فیه‌ای‌زردشدن پیگمانهای کبد (سروئید ته‌نشین شده)، حالت غیرعادی کلیه و اثر ضربه‌پذیری آبشش (۲)
کپور معمولی ( <i>C. arpio</i> )	کاهش رشد، از دست رفتن اشتها، اختلال تغذیه در ماهیچه و افزایش مرگ و میر و کاهش جذب لیپیدهای رژیم غذایی (۳-۵)
گره ماهی کانال ( <i>I. punctatus</i> )	کاهش رشد، کاهش کارایی تبدیل غذا، افزایش مرگ و میر، تمایل به ترشح و اختلال تغذیه در ماهیچه و بی‌رنگ شدن، کبدهای چرب (۶)
ماهی دم‌زرد ( <i>S. quinquerediata</i> )	کاهش رشد، تورم کبد، کاهش ته‌نشینی لیپید (۷)، بی‌اشتهایی، خمیدگی عضله پشتی و تغذیه ناقص عضله
قزل‌آلای رنگین‌کمان ( <i>S. gairdneri</i> )	کاهش رشد (۹، ۱۰)، کاهش کارایی تبدیل غذا (۹)، وجود گویچه‌های قرمز غیرعادی در خون و کم‌خونی (۱۱، ۱۰)، کاهش محتوی هماتوکریت و هموگلوبین (۹)، فساد تدریجی لیپوئید کبد (اندوخته سروئید) (۱۱، ۱۰) آسیب سخت عضله (۹)، افزایش مرگ و میر و سستی اریتروسیت (۱۲، ۱۱، ۹)

1-Soliman, Roberts and Jauncey (1983); 2-Fowler and Banks (1969); 3-Watanabe and Hashimoto (1968); 4-Hashimoto *et al.*, (1966); 5-Hata and Kaneda (1980); 6-Murai and Andrews (1974); 7-Park (1978); 8-Sakaguchi and Hamaguchi (1969); 9-Cowey *et al.*, (1984); 10-Smith (1979); 11-Moccia *et al.*, (1984); 12-Hung, Cho and Slinger (1981)

بجز مطالعات سلیمان، روبرتز و جانسی (۱۹۸۳) در مورد *O. niloticus* آثار آسیب‌شناسی مربوط به لیپیدهای اکسید شده با رژیم غذایی مکمل حاوی بادی‌آلفاتوکوفرول استتات (ویتامین E) قابل‌پیشگیری است. در فقدان آنتی‌اکسیدان مناسب و محافظ، میزان اتواکسیداسیون لیپید در ماده غذایی ذخیره شده، در حضور لیپواکسیداز (موجود در دانه‌ی خام سویا)، مشتقات خونی (میوگلوبین/هموگلوبین و پراکسیدهای موجود در آردهای گوشت و ماهی)، پراکسیدازها (محصول اتواکسیداسیون لیپید)، نور (ماوراءبنفش\_تشکیل اکسیژن منفرد و رادیکالهای آزاد)، حرارت افزایش یافته (میزان واکنش) و عناصر ناچیز افزایش می‌یابد (مشخص شده است که مس و آهن اکسیداسیون لیپید را با انتقال مستقیم الکترون در واکنش‌های احیاء تسریع می‌کنند در حالیکه روی موجب شکسته شدن هیدروپراکسیدازها به رادیکالهای آزاد می‌گردد) (ADCP, 1983).



## فصل چهارم

### مواد غذایی ضروری \_ هیدراتهای کربن

#### ۴-۱: هیدراتهای کربن

بعد از پروتئینها و لیپیدها، هیدراتهای کربن نمایندهٔ سومین گروه وافر از ترکیبات آلی در بدن حیوانات هستند. با این اختلاف که هیدراتهای کربن دستهٔ بزرگتری از مواد غذایی آلی را بین بافتهای گیاهی تشکیل می‌دهند. گروه هیدراتهای کربن شامل ترکیبات مهمی نظیر گلوکز، فروکتوز، ساکارز، لاکتوز، نشاسته، گلیکوژن، کیتین و سلولز می‌باشد.

هیدراتهای کربن معمولاً تحت عناوین عناصری شامل: کربن، هیدروژن و اکسیژن تعریف می‌شوند که دو عامل آخری به همان نسبت که در آب وجود دارند (یعنی  $C_x(H_2O)_y$ ) در هیدراتهای کربن هم حضور دارند. اگرچه این تعریف برای اکثر ترکیبات این گروه رضایت‌بخش است، ولی تعداد کمی از هیدراتهای کربن نسبت کمتری در مقایسه با آب دارند یا انواعی از هیدراتهای کربن وجود دارند که ممکن است دارای نیتروژن و سولفور باشند.

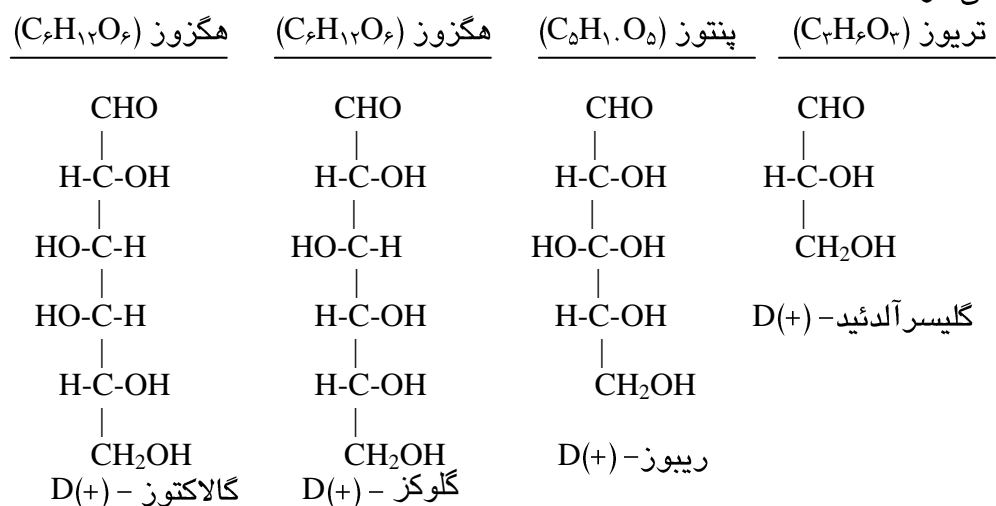
#### ۴-۱-۱: طبقه‌بندی

هیدراتهای کربن می‌توانند براساس ساختار شیمیایی به دو گروه عمده تقسیم شوند: قندی‌ها و غیرقندی‌ها (جدول ۸). ساده‌ترین قندها، مونوساکاریدها نامیده می‌شوند و این مواد غذایی می‌توانند به پنج زیرگروه تقسیم شوند که به تعداد اتم‌های کربن

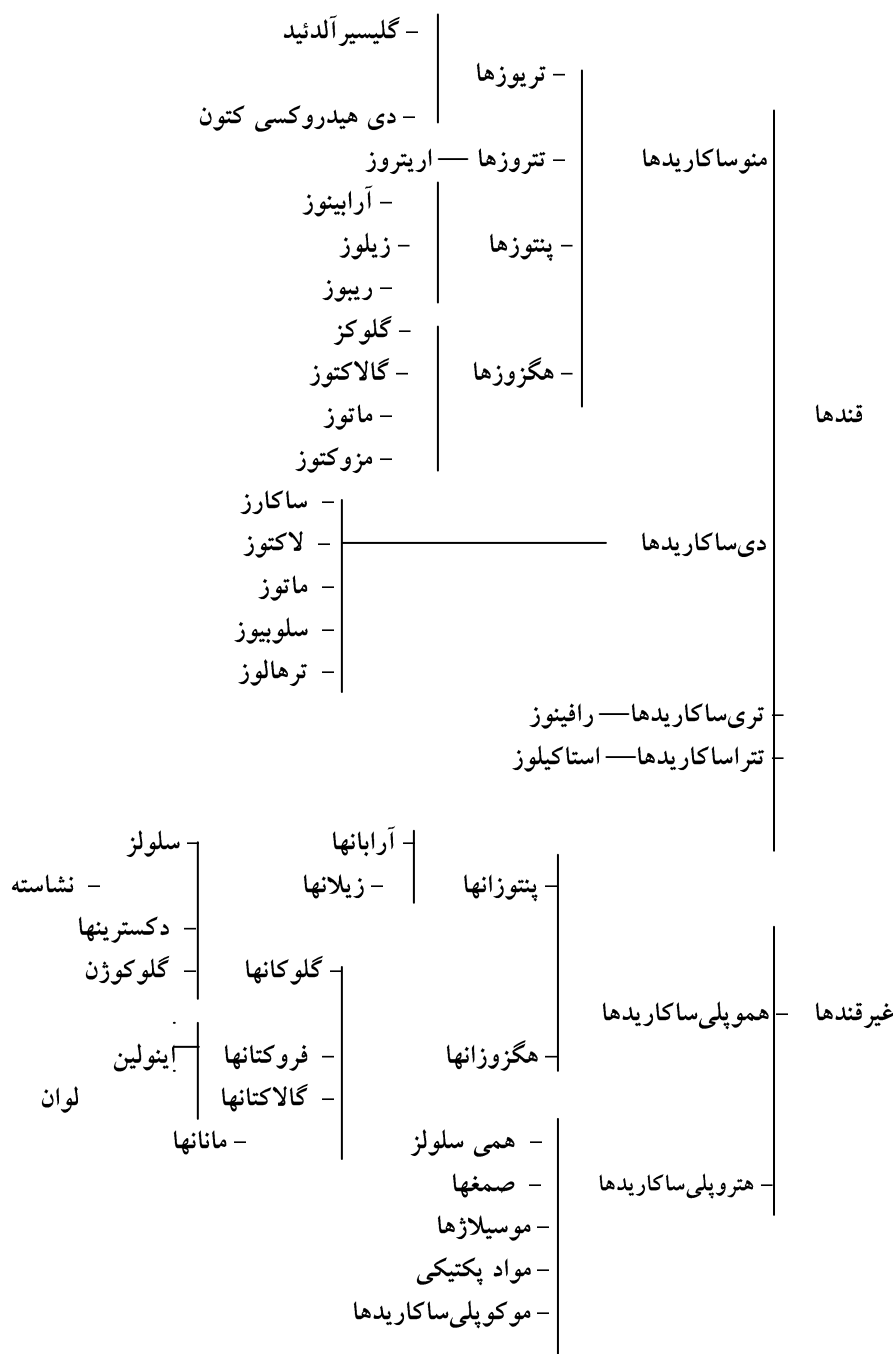
موجود در مولکول آنها بستگی دارد. تریوزها ( $C_3H_6O_3$ )، تتروزها ( $C_4H_8O_4$ )، پنتوزها ( $C_5H_{10}O_5$ ) و هگزوزها ( $C_6H_{12}O_6$ ). این منوساکاریدها ممکن است با حذف مولکول آب برای تشکیل دی، تری یا پلی ساکاریدها بهم متصل گردند که شامل ۲، ۳ یا واحدهای بیشتر منوساکارید باشند. در این بحث «قند» به هیدراتهای کربن شامل کمتر از ۱۰ واحد منوساکارید محدود می شود. بنابراین غیرقندی‌ها هیدراتهای کربنی هستند که شامل بیشتر از ۱۰ واحد منوساکارید می باشند و مزه یا طعم شیرینی ندارند. غیرقندی‌ها می توانند به دو زیرگروه تقسیم شوند: هموپلی ساکاریدها و هتروپلی ساکاریدها که گروه اول مرکب از منوساکاریدهای یکسان و دومی مخلوطی از منوساکاریدهای مختلف می باشد.

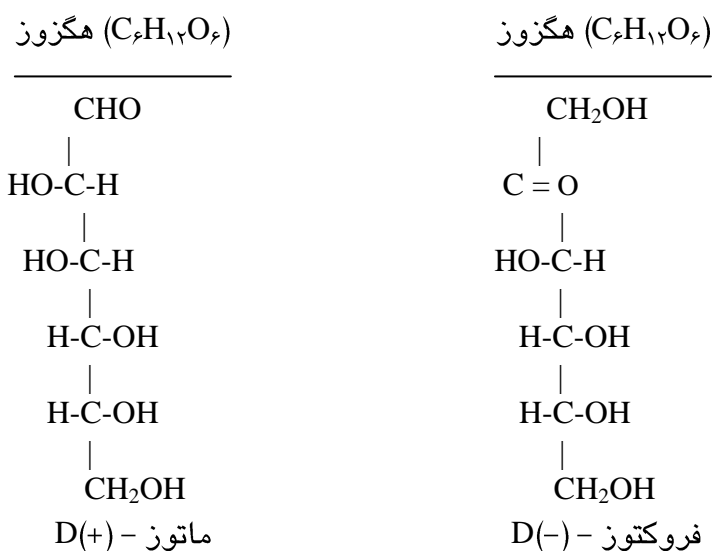
#### ۲-۱-۴: منوساکاریدها

بطور کلی، همه منوساکاریدها در آب قابل حل، بمقدار کم قابل حل در اتانول و غیرقابل حل در اتر، دارای فعالیت نوری، دارای خاصیت احیاء کنندگی (احیاء محلول فهلینگ)، دارای فرمول کلی (عمومی)  $C_xH_{2x}O_x$  هستند و عموماً مزه شیرینی دارند. فرمول زنجیره‌ای بعضی از منوساکاریدهای معمولی به شرح ذیل نشان داده می شود.



## جدول ۸: طبقه‌بندی هیدراتهای کربن





در فرمول ساختمان وجود حرف D بیانگر شکل ساختمانی یا جهت گروه هیدروکسیل (OH) در اتم کربن مجاور آخرین کربن گروه عاملی آلانیدی می‌باشد. برای مثال، در مورد D (+) گلیسیرآلدئید و D (+) گلوکز، گروه هیدروکسیل در طرف راست اتم کربن ماقبل قرار می‌گیرد (یعنی بترتیب C<sub>۲</sub> و C<sub>۵</sub>)، هنگامیکه گروه آلدئید (CHO) در بالای فرمول باشد. همچنین، علامت (+) یا (-) دلالت بر جهت گردش نوری مشاهده شده می‌نماید وقتی که محلولی از قند در پلایمتر جایگزین گردد. چرخش به سمت راست در (جهت حرکت عقربه‌های ساعت) یا چرخش به سمت چپ (در جهت عکس عقربه‌های ساعت). در واقع، همه قندهای ساده (منوساکاریدها) بطور طبیعی از اعضای گروه D قندها بشمار می‌روند. شکل ساختمان در اتم کربن ماقبل انتهایی آنها همانی است که در فرم D- گلیسیرآلدئید مشاهده می‌شود. بعلاوه، تمامی قندهای طبیعی بجز فروکتوز و اریتروز چرخش به سمت راست دارند.

مدارک قابل توجه زیادی وجود دارد دال بر اینکه ممکن است منوساکاریدها در فرم حلقی یا سیکل وجود داشته باشند. برای مثال، دو فرم دایره‌ای از فرمهای D- گلوکز شامل D-α- گلوکز و D-β- گلوکز در طبیعت شناخته شده‌اند. مشابه فرمول

زنجیره‌ای، تفاوت میان این دو فرم حلقوی مربوط به شکل یا جهت گروه هیدروکسیل روی اتم کربن شماره ۱ است.

#### گلوکز - $\beta$ -D

#### گلوکز - $\alpha$ -D

ضروری است که اهمیت بیولوژیک اختلاف‌های ساختاری بین  $\alpha$  و  $\beta$ -D-گلوکز [D - glucose] مورد تأکید قرار گیرد. تشکیلات ساختاری مشخص کننده خواص فیزیکی و سپس خواص بیولوژیک قندهای مرکب (پلی‌ساکاریدها)، براساس واحدهای منفرد منوساکاریدهاست برای مثال، پلی‌ساکارید سلولز در واحد زنجیره‌ای زیگ زاگ غیرقابل و از  $\beta$ -گلوکز ساخته شده است ولی پلی‌ساکاریدهای نشاسته و گلیکوژن از ترکیبات فعالتر بیولوژیک زنجیره‌های رشته‌ای یا شاخه‌ای  $\alpha$ -گلوکز ساخته شده‌اند. باید ذکر نمود در این مرحله منوساکاریدها بندرت بطور مستقیم وارد واکنش‌های بیوشیمیایی بین سلولی شده‌اند، ولی ابتدا به مشتقات قندهای ساده (منوساکارید) مناسب تبدیل می‌شوند. مهمترین مشتقات منوساکاریدها شامل استرهای فسفات قند (D-گالاکتوز-۶-فسفات، D-گلوکز-۱-فسفات، D-فروکتوز-۶-فسفات و دی‌استرهای فسفات)، قندهای آمینه (D-گلوکز آمین)، قندهای اسیدی (گلوکنیک‌اسید، گلوکرونیک‌اسید) و قندهای الکلی (سوربیتول) می‌باشد.

D-∞ - کلوز آمین      β - گلوکرونیک اسید      D - کلوز - ۶ - فسفات

#### ۱-۲-۱-۴ : پنتوزها

مهمترین پنتوزها منوساکاریدهایی شامل: L - آرابینوز، D - زیلوز و D - ریبوز هستند. از دیدگاه تغذیه‌ای، مهمترین پنتوزها D - ریبوز و مستقات آن یعنی D - دزوکسی‌ریبوز و ریبیتول است. برای مثال، D - ریبوز و D - دزوکسی‌ریبوز بترتیب ترکیب‌کننده‌های ضروری ریبونوکلئیک‌اسید (RNA) و دزوکسی‌ریبوزنوکلئیک‌اسید (DNA) هستند و ریبیتول که ترکیب ضروری از ویتامین ریوفلاوین است.

D-∞ - ریبوز

D-∞ - دزوکسی ریبوز

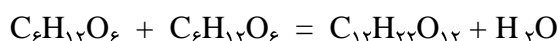
**۲-۱-۴: هگزوزها**

**گلوکز:** در فرم آزادشان در بافتهای گیاهی، میوه‌ها، شیر (عسل) و خون موجود می‌باشند. در اکثر مواد غذایی طبیعی، گلوکز بصورت ترکیب موجود است. همچنین منوساکاریدها منفرد، جزء ترکیب‌کننده دی‌ساکاریدها (مالتوز) و پلی‌ساکاریدها (سلولز، گلیکوژن، نشاسته) یا ترکیب با منوساکاریدهای دیگر در فرم لاکتوز (قند شیر)، ساکارز و هتروپلی‌ساکاریدها می‌باشند. گلوکز توسط مخمر طی روند تهیه آبجوها و شراب تخمیر می‌شود و محصول الکل و دی‌اکسیدکربن بدست می‌آید. بطور مشابه، در میوه‌های رسیده، قند یا گلوکز آزادشان بطور طبیعی افزایش و مقدار نشاسته کاهش می‌یابد.

**فروکتوز:** فروکتوز مثل گلوکز در حالت آزاد در عصاره گیاهان، میوه‌ها و عسل یافت می‌شود. از اجزاء دی‌ساکاریدها، ساکارز و نیز شیرین‌ترین قند شناخته شده در طبیعت است (بعبارت دیگر، فروکتوز مسئول طعم شیرین استثنائی عسل می‌باشد). **گالاکتوز:** اگر چه گالاکتوز در حالت آزادش در طبیعت موجود نمی‌باشد به مثابه ترکیبی از دی‌ساکارید لاکتوز و تعداد زیادی پلی‌ساکارید شامل: گالاکتولیپیدها، صمغها و چسبها وجود دارد.

**۳-۱-۴: دی‌ساکاریدها**

دی‌ساکاریدها از دو قند هگزوزی متصل بهم با حذف آب تشکیل شده‌اند.



مهمترین دی‌ساکاریدهای موجود در طبیعت مالتوز، ساکارز و لاکتوز می‌باشند.

**۱-۳-۴: مالتوز**

از ۲ مولکول گلوکز متصل بهم با اتصال ۱- $\alpha$  و ۴- $\beta$  گلیکوزیدی تشکیل شده است. مالتوز قندی احیاءکننده و قابل حل در آب است.

### مالتوز

مالتوز در طبیعت هرگز یافت نمی‌شود اما محصولی است که طی کاهش آنزیمی نشاسته بدست می‌آید. برای مثال، مالتوز از نشاسته طی جوانه‌زدن جو توسط عمل آنزیمی آمیلاز تولید می‌شود. بعد از جوانه‌زدن و خشک‌شدن جو (یا مالت که اکنون نامیده می‌شود)، از آن در تهیه آب جو یا ویسکی استفاده می‌شود.

### ۲-۳-۱-۴ : ساکارز

از یک مولکول گلوکز و فروکتوز متصل بهم با اتصال  $\alpha-1, \beta-2$  گلیکوزیدی تشکیل شده است. از آنجاییکه هر دو حاوی گروه عاملی احیاءکننده در حلقه گلیکوزیدی می‌باشند ولی ساکارز خواص احیاءکنندگی ندارد.

### ساکارز

ساکارز بطور گسترده در طبیعت توزیع شده و در اکثر گیاهان وجود دارد. منابع غنی ساکارز شامل نیشکر (۲۰٪ ساکارز)، چغندر قند (۱۵-۲۰٪) و چغندر خرخودی و هویج است. ساکارز شکر آشناست که در خانه‌های ما استفاده می‌شود. هنگامیکه



ساکارز در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود، به شکل شکر جو در می‌آید و در ۲۰۰ درجه سانتیگراد به شکل کارامل در می‌آید. ملاس چغندر با ملاس نیشکر، محصولات فرعی کشاورزی هستند که از عمل‌آوری ساکارز به شکل چغندر قند و نیشکر بدست می‌آیند. ملاسها رنگی تیره دارند و مایعاتی غلیظ و چسبناکند (۲۰-۳۰ درصد رطوبت) که نمی‌توان از آنها ساکارز بیشتری با عمل تبلور معمولی به دلیل وجود مقدار زیاد قندهای احیاءکننده مثل گلوکز و ناخالصیهای غیرقندی جدا نمود.

### ۳-۳-۱-۴: لاکتوز

از یک مولکول گلوکز گالاکتوز تشکیل شده است که بوسیله حلقه ۴ و ۱-β گلیکوزیدی بهم متصل شده‌اند و مانند مالتوز خاصیت احیاءکنندگی دارد.

### لاکتوز

لاکتوز با قند شیر، قند اصلی است که در شیر یافت می‌شود و برای پستانداران بی‌نظیر است و در حدود ۴۰ درصد کل مواد جامد به شیر را تشکیل می‌دهد. مجموع میزان لاکتوز شیر گاو و شیر انسان بترتیب ۴/۸-۴/۶ درصد و ۷ درصد برآورد شده است، لاکتوز آمادگی تخمیر باکتریایی دارد. برای مثال، ترش نشدن شیر توسط استرپتوکوکوس لاکتیز (*Streptococcus lactis*) با تخمیر لاکتوز و تبدیل آن به اسیدلاکتیک می‌باشد. لاکتوز هم مانند ساکارز اگر در دمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد گرم شود، به شکل لاکتوکارامل در می‌آید.

**۴-۱-۴: هموپلی ساکارید**

این هیدراتهای کربن با قندها متفاوتند. آنها از وزن مولکولی بالایی برخوردارند و از تعداد زیادی هگوزها یا مقدار کمتری از باقیمانده پنتوز تشکیل شده‌اند. تعداد زیادی از آنها به مثابه یک ماده غذایی ذخیره‌ای در گیاهان و حیوانات (نشاسته یا گلیکوژن) یا نظیر مواد ساختمانی (سلولز یا کیتین) عمل می‌کنند.

**۴-۱-۴-۱: نشاسته**

از دو جزء ساختمانی آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است. خواص آمیلوز و آمیلوپکتین در نشاسته گیاهی با توجه به نوع گیاهان متفاوت است (۲۰-۳۰ درصد آمیلوز و ۷۰-۸۰ درصد آمیلوپکتین) و واحد بنیادی ترکیب این دو جزء ساختمانی،  $\alpha$ -D گلوکز است. برای مثال، آمیلوز از زنجیره خطی طولانی تشکیل شده است که دارای تعداد ۱۰۰ یا اکثر واحدهای متصل بهم D گلوکز توسط حلقه  $\alpha$ -۱,۴ است. از سوی دیگر، آمیلوپکتین از واحدهای D گلوکز تشکیل شده که بصورت زنجیره منشعب بزرگی است (۲۰-۳۰ واحد در هر شاخه). واحدها توسط حلقه  $\alpha$ -۱,۴ و همچنین حلقه  $\alpha$ -۱,۶ بهم متصل‌اند (حلقه گلیکوزیدی  $\alpha$ -۱,۶ فقط در ابتدای زنجیره استفاده می‌شود).

نشاسته فرم ذخیره‌ای قند یا گلوکز در گیاهان است و دو ساقه، میوه‌ها، بذرها، ریشه‌ها یا برگها یافت می‌شود. تشکیل‌دهنده عمده انبار ذخیره‌ای هیدراتهای کربن گیاهان است و در نتیجه بزرگترین بخش هیدرات کربن غذای حیوانی را شامل می‌شود. برای مثال، ۷۰ درصد وزن دانه‌ها و ۳۰ درصد وزن میوه جوانه و ریشه را نشاسته تشکیل می‌دهند. نشاسته در گیاهان به شکل گرانول ذخیره می‌شود، اندازه و شکل آن از گونه‌ای دیگر متفاوت است. هر گرانول بوسیله لایه نازکی از سلولز احاطه شده است که سبب حل نشدن آنها در آب می‌گردد. مصرف خام یا نپخته آن توسط حیوانات غیرنشخوارکننده مانند ماهی و میگو غیرقابل هضم است. طبخ بوسیله گرما در حضور رطوبت، پارگی غشاء را آسان خواهد کرد که در نتیجه جذب آب توسط

نشاسته سبب ژلاتینی شدن نشاسته به شکل خمیر یا محلول ژلاتینی می‌گردد. وقتی نشاسته بوسیله گرما خشک می‌شود، دکسترین تشکیل می‌شود. دکسترین یک محصول تنزل یافته واسط از نشاسته در رشته: نشاسته ← دکسترین ← مالتوز ← گلوکز است. برای مثال، هنگامیکه نان توست می‌شود به دکسترین تبدیل می‌شود. دکسترین مزه را به نان توست شده می‌دهد.

#### ۲-۴-۱-۴: گلیکوژن

از زنجیره منشعب  $\alpha$ -D گلوکز و از واحدهای متصل بهم با اتصال گلیکوزیدی  $\alpha$ -۱ و  $\alpha$ -۱-۶ تشکیل شده است. در مقایسه با آمیلوپکتین، حلقه  $\alpha$ -۱-۶ در گلیکوژن بیشتر است. با توجه به حضور شاخه‌های کوتاه‌تر و به تعداد بیشتر (۲۰-۱۰ واحد گلوکزی)، گلیکوژن شکلی از کربوهیدرات است که در بدن حیوانات ذخیره می‌شود بویژه در کبد و ماهیچه بیشتر متمرکز شده‌اند.

#### ۳-۴-۱-۴: سلولز

از زنجیره بسیار طولانی واحدهای متصل بهم D گلوکز توسط حلقه  $\beta$ -۱-۴ بوجود آمده که پلی‌ساکاریدی بسیار محکم است و فراوانترین هیدرات کربن در طبیعت است و ساختمان اصلی دیواره سلولی گیاهان را تشکیل می‌دهد. سلولز بیشترین نیروی کششی را داراست و نسبت به حمله‌های شیمیایی مقاوم است. گرچه سلولز توسط اسید قوی می‌تواند هیدرولیز شود، بجز میکروارگانیزم‌ها، تعداد کمی از حیوانات غیرنشخوارکننده دارای آنزیم درون ریز لازم برای تجزیه و هضم سلولز می‌باشند. برای مثال، آنزیم سلولزی که مستعد حمله‌های سلولزی هستند فقط در بذرهای جوانه‌زده، قارچ‌ها و باکتریها یافت می‌شوند (مثل آنهائیکه در ناحیه قابل هضم نشخوارکنندگان وجود دارد). یک مثال برای فرم خالص سلولز، پنبه می‌باشد.

**۴-۱-۴-۴ : کیتین**

از واحدهای تکرار شده N استیل D گلوکز آمین متصل بهم توسط حلقه  $\beta$ -۱و۴ تشکیل شده و بنابراین مشابه ساختمان سلولز است.

کیتین جزء ساختمانی عمده کوتیکول حشرات و پوشش محافظ سخت پوستان است.

**۴-۱-۵ : هتروپلی ساکاریدها**

در مقایسه با هموپلی ساکاریدها، هتروپلی ساکاریدها شامل مخلوطی از واحدهای منوساکارید مختلف با وزن مولکولی بالاست.

**۴-۱-۵-۱ : همی سلولز**

بیشتر از واحدهای زیلوز متصل بهم توسط حلقه  $\beta$ -۱و۴ تشکیل شده است، اما همچنین ممکن است محتوی هگزوزها و اسیدهای قندی (اسیداورونیک) باشد. این پلی ساکاریدها معمولاً به همراه سلولز در بافت برگ و چوب گیاهان عالی و بذرها

یافت می‌شوند. آنها غیرقابل حل در آب و مانند سلولز براحتی توسط حیوانات غیرنشخوارکننده هضم نمی‌شود.

#### ۲-۵-۱-۴: صمغ یا چسب

از زخمهای گیاهان ساخته می‌شوند و ترکیبات پیچیده‌ای هستند. از هیدرولیز آنها اسیدهای قندی و منوساکاریدهای متنوع بدست می‌آوریم. برای مثال صمغ اراییک (صمغ آکاسیا) را می‌توان نام برد.

#### ۳-۵-۱-۴: لعاب

هیدراتهای کربن پیچیده موجود در گیاهان و بذره‌های خاص هستند. تعداد زیادی از جلبکها و بخصوص علف هرزه دارای لعاب است که لعاب قابل حل در آب گرم و قابل انجماد در سرماست. آگار یک پلیمراسیدسولفوریک گالاکتوز است که در لعاب و ژل استفاده می‌شود که بوفور از جلبکهای قرمز (خانواده ژلیدیوم) بدست می‌آید. مثالهای دیگر شامل اسیدآلژنیک است که از جلبکهای قهوه‌ای خانواده لامیناریا بدست می‌آید.

#### ۴-۵-۱-۴: مواد پکتیکی

هیدرات کربنی پیچیده که محتوی D گالاکتواسیدارونیک است. آنها در ابتدای دیواره سلولی اولیه و لایه‌های میانی سلول در گیاهان خشکی‌زی موجودند و بویژه در مرکبات، چغندر قند، سیب و بسیاری از ریشه سبزیجات (مثل شلغم) بسیار فراوانند. در مقایسه با لعاب، اسیدپکتیک دارای خواص ژله‌ای می‌باشد و معمولاً در تهیه مربا استفاده می‌شود.

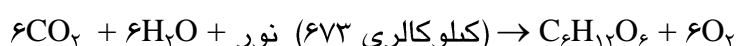
#### ۵-۵-۱-۴: موکوپلی‌ساکارید

هیدراتهای کربن پیچیده‌ای هستند که محتوی قندهای آمینه‌ای و اسیدارونیک و تشکیل دهنده ترشحات موکوس حیوانات است. در طبیعت اسیدی‌اند و ممکن است از

گروههای استرسولفات غنی باشند. موکوپلی ساکاریدهای مهم شامل کندروتین سولفات (موجود در غضروف، استخوان، دریچه قلبی، زردپی و قرنیه چشم)، هپارین (ضدانعقاد خون، موجود در رگهای خونی، کبد، شش و طحال) و اسیدهیالورونیک (روغنهای چسبناک سیال موجود در پوست، آب زجاجیه چشم، مایع سینوویال مفصل و رباط آம்பلی کال پستانداران). سرانجام موکوپلی ساکارید، ترکیبات اساسی دیواره سلولی تعداد زیادی از باکتریها را تشکیل می‌دهد. دیواره سلولی موکوپلی ساکارید شامل واحدهای یک در میان N استیل مورامیکاسید و N استیل گلوکزآمید متصل به زنجیره پپتید کوتاه است.

#### ۲-۴: وظیفه هیدرات کربن

هیدراتهای کربن در همه گیاهان با فرآیند فتوسنتز، سنتز می‌شوند که می‌تواند بصورت ذیل نشان داده شود:



هیدراتهای کربن منبع اساسی انرژی متابولیک ATP در غذای حیوانات اهلی و انسان می‌باشند. این واکنش بصورت ذیل می‌باشد:



در ماهی و میگو هیدراتهای کربن منبع غذایی اصلی نمی‌باشند ولی در مقایسه، منابع غذایی پروتئینی و چربی آشکارا جایی مطرح می‌گردند که نیازهای ویژه غذایی براساس اسیدهای آمینه ضروری و اسیدهای چرب ضروری پایه‌ریزی می‌شود. در مقیاس وسیع دلایل ذیل قابل توجهند:

۱- ATP یا آدنوزین تری فسفات دارای انرژی بالایی می‌باشد به گونه‌ای که در آن، بخش زیادی از انرژی آزاد شده در بدن ذخیره می‌شود.

- در عادات غذایی همه چیزخواران و گوشتخواران اغلب ماهیهای پرورشی و گونه‌های مختلف میگو وجود دارند.

- توانایی ماهی و میگو در سنتز هیدرات کربن (گلوکز) از مواد غیرهیدرات کربنی مثل پروتئین و چربی (فرآیندی که گلوکوژنز نامیده می‌شود).

- توانایی ماهی و میگو در تأمین نیازهای انرژی غذایی خود از راه کاتابولیسم پروتئین و چربی به تنهایی در صورت نیاز شدید ممکن است.

اما، به‌رغم آشکار بودن بی‌نیازی تغذیه با هیدراتهای کربن در ماهی و میگو، شکی وجود ندارد که هیدراتهای کربن عملیات بیولوژیک مهمی را در بدن حیوان انجام می‌دهند. برای مثال، گلوکز آخرین محصول از هضم هیدرات کربن است و در حیوانات، منبع انرژی اساسی مغز و بافت عصبی تلقی شده و همچنین بعنوان حد واسط متابولیک برای سنتز تعداد زیادی از ترکیبات مهم زیستی می‌باشد که شامل کیتین پوشش محافظ سخت‌پوستان، اسیدهای نوکلئیک DNA و RNA و ترشحات موکوس موکوپلی‌ساکارید می‌باشد.

اگرچه هیدرات کربن ممکن است بعنوان ماده غذایی غیرضروری برای ماهی و میگو در نظر گرفته شود، گنجانیدن آنها در رژیم‌های غذایی قابل استفاده تضمین شده می‌باشد زیرا:

- آنها نماینده یک منبع ارزان از انرژی غذایی با ارزش برای ماهیهای غیرگوشتخوار و انواع میگوها می‌باشند.
- می‌توان به جای تبدیل آنها به انرژی با استفاده دقیق آنها در رژیم کاربردی بعنوان ذخیره پروتئینی با ارزش بالاتر جهت رشد صرفه‌جویی نمود (روندی به نام «حفاظت پروتئین»).
- آنها بعنوان جزء اصلی رژیم غذایی برای ساخت آب پایدار عمل می‌کنند هنگامیکه بعنوان پیونددهنده استفاده می‌شوند (مانند نشاسته ژلاتینی، آلژینات، چسب).

• منابع معینی از هیدراتهای کربن اجزایی از غذا هستند که می‌توانند طعم غذا را بهبود بخشند و ناخالصی غذایی کامل شده را کاهش دهند (مانند نیشکر یا ملاس چغندر).

### ۳-۴: متابولیسم (سوخت و ساز) هیدرات کربن

گرچه گلیکوژن منبع اصلی سوخت طی متابولیسم بی‌هوازی (گلیکولیز) را در عضله سفیدماهی طی فعالیتهای بسیار شدید شنا تشکیل می‌دهد، توانایی کبد و بافتها برای ذخیره گلیکوژن محدود می‌باشد. تمامی هیدراتهای کربن نظیر گلیکوژن کمتر از یک درصد از وزن مرطوب بافت بدن را تشکیل می‌دهند (Cowey & Sargent, 1979) ولی در میگوی جوان *P. japonicus* مشخص شده است که گلوکز، استیل گلوکزآمین و ترهالوز مانند هیدراتهای کربن اصلی، بافت بدن می‌باشد (Kanazawa, 1982). در مقایسه با پستانداران همه چیزخوار، ماهی نمی‌تواند هنگام گرسنگی گلیکوژن کبد را بسرعت مورد استفاده قرار دهد. در واقع، در ماهیان گرسنه نشان داده شده است که اکسیداسیون مواد غیرهیدرات کربن مقدم بر هیدرولیز و استفاده از گلیکوژن است و این امر حاکی از آن است که توانایی ماهی برای اکسیداسیون هوازی تا اندازه‌ای محدود می‌باشد. بنابراین، بدن آن گلوکونئوزن نقش عمده‌ای در ابقاء طرح قند خون ماهیان گرسنه و سریع‌رو ایفا می‌نماید. برای مثال، به ماهیان پرورشی مقادیر بالایی پروتئین خورنده می‌شود که احتمالاً علت آن کمبود انرژی بافت‌هایی (مانند مغز و بافت عصبی) می‌باشد که کاتابولیزم گلوکز بوسیله گلوکونئوزن (از اسیدهای آمینه و تری‌اسیل‌گلیسیرول) بیشتر از فرآیند گلیکوژنولیز انجام می‌شود (Walton & Cowey 1982). اما مطالعات در خصوص مارماهی *A. japonica* تناقصی را با فرضیه عمومی فوق نمایان می‌سازد (Degani, Viola & Levanon, 1986).



## ۴-۴: رژیم مصرف هیدرات کربن

توانایی گونه‌های ماهیان گوشتخوار در هیدرولیز یا هضم مجموعه هیدراتهای کربن با فعالیت ضعیف آمیلوتیک در ناحیه هضمشان محدود می‌باشد (Spannhof & Plantikow, 1983). در نتیجه، برای گونه‌های ماهی نظیر قزل‌آلا همانگونه که سهم غذایی نشاسته‌ای افزایش می‌یابد، هضم نشاسته کاهش می‌یابد (Singh & Nose, 1967; Bergot & Berque, 1983). بعلاوه، طی دوره‌ای طولانی از آزمون تغذیه‌ای با گونه‌های ماهیان گوشتخوار، مشخص شده است که سطوح بالای رژیم غذایی هیدرات کربن به مقدار زیاد سبب کاهش رشد، بالا رفتن گلیکوژن کبد و مرگ و میر ناگهانی ماهیان می‌گردد (Phillips *et al.*, 1948; Austreng *et al.*, 1977). در مقایسه با ماهیان همه چیزخوار یا گیاهخوار آب‌های گرم انواعی از گیاهخواران نظیر کپور (*C. carpio*)، گربه ماهی (*I. punctatus*)، تیلاپیا (*O. niloticus*) و مارماهی (*A. japonica*) نسبت به سطوح بالای رژیم غذایی هیدرات کربنی مقاوم‌تر می‌باشند. رژیم غذایی هیدرات کربنی بطور مؤثر بعنوان منبع انرژی غذایی به مصرف می‌رسند یا مقدار اضافه‌تر آن به شکل لیپید در بدن ذخیره می‌گردد (Chiou & Ogino, 1975; Robinson & Wilson, 1985; Degani, Viola & Levanon, 1986). کاربرد رژیم غذایی هیدرات کربن با پیچیدگی یا ساختمان شیمیایی منبع هیدرات کربن مورد مصرف (پلی‌ساکاریدها و دی‌ساکاریدها نسبت به منوساکاریدها اثر سودمندتری بر رشد دارند: (Fish-Pieper & Pfeffer, 1980; Robinson & Wilson, 1985; Anderson *et al.*, 1984; Shrimp-Alava & Pascual, 1984; Deshimaru, 1981; Kanazawa, 1983). شرایط فیزیکی منبع هیدرات کربن مورد مصرف (نشاسته پخته یا ژلاتینی قابلیت هضم بیشتری نسبت به نوع خام و اصلی آن برای رشد دارند: (Fish-Pieper & Plantikow, 1983; Breque, 1983; Robinson & Lovell, 1984) و تغذیه روزانه (یک رژیم غذایی محدود اثر سودمندتری بر هضم نشاسته دارد) متفاوت می‌باشد (Fish-Bergot & Breque, 1983).

از مباحث مذکور مشخص می‌شود که توانایی ماهی و میگو برای سازش با رژیم غذایی حاوی هیدرات کربن بستگی به توانایی آنها در تبدیل انرژی اضافه (مثل گلوکز) به لیپیدها یا اسیدهای آمینه غیرضروری دارد. تا زمانیکه گونه‌های ماهیان پرورشی دارای لوله نسبتاً کوتاه روده- معده باشند، خودشان را در توسعه فلورباکتریایی وسیع قرار نمی‌دهند (مانند حیوان نشخوارکننده) و فعالیت سلولز روده ماهی از باکتریهای مقیم روده می‌باشد که ضعیف یا غایب هستند (Stickney & Shumway, 1974). بنابراین، غذای سلولزی یا فیبر خام (یعنی در رژیم غذایی هیدرات کربن که مقاوم نسبت به مداوای شیمیایی با رقیق نمودن اسید یا قلیا شامل سلولز و همی‌سلولز می‌باشد) ارزش انرژی مصرفی برای ماهی نداشته و استفاده زیاد آنها در رژیم غذایی اثر زیان‌آوری بر رشد و کارآئی غذا خواهد داشت (Anderson *et al.*, 1984 ; Poston, 1986 ; Hilton, Atkinson & Slinger, 1983 ; Bromley & Adkins, 1984).

## فصل پنجم

### مواد مغذی ضروری - ویتامینها

#### ۱-۵: تعریف و طبقه‌بندی

ویتامینها گروهی از ترکیبات نامتقارن آلی هستند که برای رشد و بقاء موجودات ضروری هستند. اغلب ویتامینهای مورد نیاز در داخل بدن ساخته نشده یا به میزان کافی جهت تأمین نیاز حیوانات وجود ندارند. ویتامینها از مواد غذایی اصلی تشخیص داده می‌شوند (پروتئین‌ها، لیپیدها و هیدراتهای کربن) زیرا آنها به صورت شیمیایی با دیگری مرتبط نمی‌باشد، در مقادیر بسیار کم در مواد غذایی گیاهی و حیوانی وجود دارند و بدن به مقادیر کم به آنها نیازمند است. تقریباً ۱۵ ویتامین از مواد زیستی استخراج شده‌اند و ضرورت آنها بستگی به گونه، سرعت رشد حیوان، ترکیب مواد غذایی، ظرفیت سنتز باکتریایی لوله روده - معده دارد. بطور کلی، تمام حیوانات آشکارا علائم کمبود مورفولوژیک و فیزیولوژیک را نشان می‌دهند وقتی که ویتامینهای منفرد از رژیم غذایی‌شان حذف گردد.

ویتامینها براساس حلالیتشان به دو گروه کلی، ویتامینهای محلول در آب و ویتامینهای محلول در چربی تقسیم می‌شوند.

## جدول ۹. طبقه‌بندی ویتامین

ویتامینهای محلول در چربی	ویتامینهای محلول در آب
رتینول (ویتامین A)	تیامین (ویتامین B <sub>1</sub> )
کول کلسیفرول (ویتامین D <sub>3</sub> )	ریبوفلاوین (ویتامین B <sub>2</sub> )
توکوفرول (ویتامین E)	پیریدوکسین (ویتامین B <sub>6</sub> )
فیلوگینون (ویتامین K)	پنتوتینیک اسید
	نیکوتینیک اسید (نیاسین)
	بیوتین
	اسید فولیک
	سیانوکوبالامین (ویتامین B <sub>12</sub> )
	اینوزیتول
	کولین
	آسکوربیک اسید (ویتامین C)

همانگونه که از نامشان مشخص است، ویتامینهای محلول در چربی از مجرای روده- معده توسط چربی جذب می‌شوند و می‌توانند در ذخیره‌های چربی بدن اندوخته گردند برای هنگامیکه رژیم غذایی جذب شده نیاز به سوخت و ساز بیشتری داشته باشد. افزایش ذخیره با رژیم غذایی جذب شده ممکن است به اندازه‌ای باشد که شرایط سمی (حالتی که از خوردن مقدار زیادی ویتامین ایجاد می‌شود- هیپرویتامینوسیس) ایجاد شود. ولی ویتامینهای محلول در آب به میزان قابل توجهی در بدن حیوان ذخیره نمی‌گردند. ذخیره‌های بدن بسرعت در فقدان منابع ویتامینی منظم محلول در آب تخلیه می‌گردند. بنابراین، احتمال سمیت ویتامینهای محلول در آب وجود ندارد.

## ۲-۵: ویتامینهای محلول در آب

## ۱-۲-۵: تیامین

ساختمان:

## تیامین هیدروکلرید

**نقش بیولوژیک:** تیامین به شکل استردی فسفاتش (تیامین پیروفسفات TPP) بعنوان یک کوآنزیم در متابولیسم هیدراتهای کربن عمل می‌کند. بویژه، TPP در عمل اکسیدکردن دی‌کربوکسیلاسیون یعنی جدانمودن  $CO_2$  از گروه کربوکسیل اسیدپروئیک و اسیدالفا-کتوگلو تاریک بترتیب به استیل کوآنزیم A و سوکسینیل کوآنزیم A شرکت دارد و همچنین بصورت آنزیم فعال ترانس کتولاز فعال در اکسیداسیون گلوکز از مسیر پنتوزفسفات دخالت دارد. بنابراین، تیامین به طور اساسی در متابولیسم هیدراتهای کربن شرکت دارد.

**منابع غذایی:** غذاهای غنی از تیامین شامل: مخمر خشک آجوسازی (۱۰۰-۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم)، میانه گندم، گندم آسیاب شده، سبوس برنج، برنج براق (۵۰-۱۰ میلی‌گرم/کیلوگرم)، مخمر خشک تورولا، آرد بادام زمینی، سبوس گندم، جو دوسر، جواری، ماهی خشک قابل حل، آرد پنبه‌دانه، آرد سویا، آرد دانه بزرک، تقطیرکننده‌های خشک قابل حل و باقلا و لوبیا و شیرخشک بدون لاکتوز (۱۰-۵ میلی‌گرم/کیلوگرم) و سایر منابع غنی رژیم غذایی شامل غذاهای غده‌ای (کبد/کلیه)، محصولات دارای برگ سبز و پوشش خارجی یا اصل غله می‌باشد.

## ۲-۲-۵: ریبوفلاوین

ساختمان:

## ریبوفلاوین

**نقش بیولوژیک:** ریبوفلاوین به مثابه جزء اصلی فلاوین منونوکلوئوتید (FMN) و فلاوین آدنین دی‌نوکلئوتید (FAD)، بصورت یک کوآنزیم برای اکسیداسیون و احیاءکننده عمل نموده و بنابراین نقش مهمی را در تهیه انرژی در متابولیسم ایفا می‌نماید. FMN و FAD شکستن آنزیماتیک محصولات غذایی مولد انرژی را نظیر اسیدهای چرب و آمواسیدها و اسیدپیرویک تسهیل می‌کند. بعلاوه، ریبوفلاوین بویژه برای تنفس بافت‌های عروقی ضعیف مانند قرنیه چشم در اتصال با پیریدوکسین (ویتامین B<sub>۶</sub>) برای تبدیل تریپتوفان به نیکوتینیک‌اسید مهم می‌باشد. بنابراین، ریبوفلاوین برای متابولیسم هیدراتهای کربن، چربیها و پروتئینها ضروری می‌باشد.

**منابع غذایی:** منابع غنی غذایی ریبوفلاوین شامل: مخمر خشک تورولا و مخمر خشک آجوسازی و آرد کبد و ریه و شیرخشک بدون لاکتوز (۳۰-۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم)، سفیده تخم مرغ، شیرخشک خامه گرفته شده، تقطیرکننده‌های خشک قابل حل و آرد دانه گل‌رنگ و ماهی خشک قابل حل، آرد یونجه (۳۰-۱۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) آرد محصولات فرعی ماکیان، آرد ماهی، آرد گوشت و آرد استخوان و گوشت، آرد بادام‌زمینی (۱۰-۵ میلی‌گرم/کیلوگرم). سایر منابع غنی ریبوفلاوین شامل گیاهان سبز و به مقدار کمتر در دانه غلات جوانه‌زده شده موجود می‌باشد.

## ۳-۲-۵: پیریدوکسین

ساختمان:

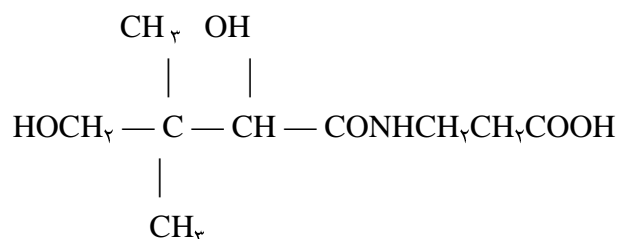
پیریدوکسامین      پیریدوکسول      پیریدوکسال

هر سه شکل از پیریدوکسین‌ها قابل تبدیل بهم در بافتهای حیوانات هستند و فعالیت یکسانی دارند.

**نقش بیولوژیک:** پیریدوکسین در فرم استرفسفاتش (پیریدوکسال فسفات)، تقریباً در تمام واکنشهای درگیر، کاهش غیراکسیداتیو اسیدهای آمینه (که شامل ترانس آمیناسیون، دی آمیناسیون، دی کربوکسیلاسیون و سولفو هیدراسیون است) به مثابه کوآنزیم عمل می‌نماید. بنابراین، پیریدوکسین نقش حیاتی در متابولیسم پروتئین ایفا می‌کند. پیرویدکسال فسفات همچنین برای تجزیه متابولیک تریپتوفان به نیکوتینیک اسید و سنتز هموگلوبین و استیل کوآنزیم A و اسیدریبونوکلئوتیک پیام‌آور و برای متابولیسم هیدراتهای کربن جهت تسهیل آزاد شدن گلیکوژن از عضله و کبد مورد نیاز می‌باشد.

**منابع غذایی:** منابع غذایی پیریدوکسین شامل: مخمر خشکانده آبجوسازی، مخمر خشکانده تورولا، مخمر آب پنیر بدون لاکتوز (۳۰-۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم)، ماهی خشک قابل حل (۲۰-۳۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) گندم آسیاب شده، آرد دانه گل آفتاب‌گردان (۱۰-۲۰ میلی‌گرم/کیلوگرم)، میانه گندم، آرد بادام‌زمینی، شیرهای خشک قابل حل، آرد شلغم، آرد گوشت و پودر استخوان، آرد ماهی، غله یا ذرت، آرد یونجه، آرد پنبه‌دانه، ذرت خوشه‌ای، برنج، آرد سویا (۱۰-۵ میلی‌گرم/کیلوگرم) می‌باشد.

## ۴-۲-۵: پانتوتنیک اسید



ساختمان:

پانتوتنیک اسید

**نقش بیولوژیک:** اسیدپانتوتنیک در شکل ۳ فسفو-آدنوزین-۵ دی فسفو-پانتوتنئین (عموماً بعنوان استیل کوآنزیم A شناخته شده است)، وظایفی مشابه کوآنزیم دارد که نقش اصلی را در تمام واکنشهای استیلاسیون ایفا می کند (به عبارتی واکنشهایی که در تشکیل یا انتقال یک گروه ۲-کربن استیل دخالت دارند) زیرا هیدراتهای کربن، چربیها و پروتئینها قبل از آنکه در چرخه کربس یا چرخه تری کربوکسیلیک اسید، اکسیده شوند ابتدا به استیل کوآنزیم A تبدیل می گردند. بنابراین، اسیدپانتوتنیک برای آزاد شدن انرژی از مواد غذایی اصلی ضروری می باشد. استیل کوآنزیم A همچنین در سنتز اسیدهای چرب، کلسترول، استروئیدها، هموگلوبین و در استیلاسیون کولین دخالت دارد. بنابراین، اسیدپانتوتنیک در متابولیسم هیدراتهای کربن، چربی و پروتئین یک ماده کلیدی می باشد.

**منابع غذایی:** منابع غنی غذایی اسیدپانتوتنیک شامل: مخمر خشکانده آجوساز، مخمر خشکانده تورولا (۱۰۰-۱۳۰ میلیگرم/کیلوگرم)، آب پنیر دی لاکتوز خشکانده (۷۵-۱۰۰ میلیگرم/کیلوگرم)، ماهی خشک قابل حل، تخم مرغ های بالغ (۷۵-۵۰ میلیگرم/کیلوگرم)، برنج براق، آرد دانه گل آفتابگردان، سبوس گندم، محلول تقطیرکننده خشک شده، آرد ماهی، آرد دانه سویا، آرد بذرکتان، ذرت خوشه ای، ذرت آرد پنبه دانه، آرد محصولات فرعی مرغ، جو دوسر، (۱۰-۲۵ میلیگرم/کیلوگرم). سایر منابع غنی غذایی شامل غذاهای غده ای مانند کبد/کلیه و محصولات با برگ سبز می باشد.



## ۵-۲-۵: نیکوتینیک اسید

ساختمان:

## نیکوتینامید

## نیکوتینیک اسید

**نقش بیولوژیک:** نیکوتینیک اسید بعنوان اعضاء ترکیبی نیکوتین آمیدآدنین دی نوکلئوتید (NAD) و نیکوتین آمیدآدنین دی نوکلئوتیدفسفات (NADP)، وظایفی به مثابه یک کوانزیم در سیستمهای آنزیمی دارد که مکانیزمی را برای انتقال الکترون در فرآیندهای سوخت و ساز (برداشت و انتقال هیدروژن) فراهم می‌کند. بنابراین، متابولیسم NAD و NADP بصورت چرخه بسته‌ای با FAD و FMN می‌باشد. پس دو ویتامینی که نقش عمده‌ای در اکسیداسیون بافت دارند، برای آزاد شدن انرژی از هیدراتهای، کربن چربیها و پروتئینها ضروری می‌باشند. بعلاوه، NAD و NADP همچنین نقش مهمی در سنتزاسیدهای چرب و کلسترول بترتیب ایفا می‌کنند.

**منابع غذایی:** منابع غنی غذایی نیکوتینیک اسید شامل: برنج براق، مخمرتورولا خشک، مخمر خشک آبجوسازی، سبوس برنج (۳۰۰-۶۰۰ میلیگرم/ کیلوگرم)، سبوس گندم و ماهی خشک قابل حل و آرد دانه آفتابگردان، آرد بادامزمینی، آرد شلغم سفت، جگر و آرد جگرسفید. محلولهای تقطیرکننده خشک، پودر آسیاب شده گندم (۱۰۰-۳۰۰ میلیگرم/ کیلوگرم)، آرد ماهی، میانه گندم، آرد دانه گلرنگ و آرد گلوتن گندم، گوشت و آرد استخوان، آرد گوشت، مخمر خشکانده حبوبات، آرد محصولات فرعی مرغ، ذرت خوشه‌ای، آرد یونجه، دانه جو، ملاس خشک نیشکر،

آسیاب شدهٔ برنج (۱۰۰-۴۰ میلیگرم/ کیلوگرم) و سایر منابع غنی شامل برگ سبزیجات می‌باشد.

۶-۲-۵ : بیوتین

ساختمان:

### بیوتین

**نقش بیولوژیک:** بیوتین در واکنشهایی از بافت که شامل انتقال دی‌اکسیدکربن از یک ترکیب به ترکیب دیگری می‌باشد به مثابه یک کوانزیم عمل می‌نماید (یعنی واکنشهای کربوکسیلاسیون). برای مثال، بعنوان ترکیبی از پیرووات کربوکسیلاز و استیل کوانزیم A کربوکسیلاز، بیوتین مسئول تبدیل پیرویک‌اسید به اسید اگزالواستیک اسید (یک ترکیب واسط در گلوکونئوژنز و چرخه کربس) و برای تبدیل استیل کوانزیم A به مالونیل کوانزیم A (که بعدها برای سنتز اسیدهای چرب با زنجیرهٔ طویل مورد نیاز است) می‌باشد. بنابراین، بیوتین نقشی کلیدی را در متابولیسم چربی و هیدرات کربن ایفا می‌کند. همچنین گزارش شده است که بیوتین در سنتز پروتئین و پورین، واکنشهای معین دی‌آمیناسیون و چرخه اوره دخالت دارد اما نقش دقیق بیوتین در اکثر این اعمال هنوز مشخص نمی‌باشد.

**منابع غذایی:** منابع غنی غذایی بیوتین شامل: مخمرخشکانده آبجوسازی، مخمرخشکانده تورولا، تقطیرکننده‌های خشک قابل حل، آرد شلغم سفت، آرد دانهٔ گل‌رنگ، آرد دانهٔ گل آفتابگردان (۲-۱ میلیگرم/ کیلوگرم)، تخم‌مرغ، برنج براق، مخمرخشکانده دانهٔ غلات، جگر و آرد جگرسفید و شش، سبوس برنج، آب پنیر بدون

لاکتوز خشکانده، آرد پنبه دانه (۵/۵-۱ میلیگرم/کیلوگرم)، آرد بادام زمینی، آرد دانه سویا، شیرخامه گرفته شده خشکانده، آرد یونجه، جو دو سر، ذرت خوشه‌ای، آرد خشک خون، ماهی خشک قابل حل، آرد ماهی، سبوس گندم، گندم آسیاب شده (۵/۵-۵/۲ میلیگرم/کیلوگرم) و سایر منابع غنی بیوتین شامل سبزی و گیاهان سبز می‌باشد.

### ۷-۲-۵: اسیدفولیک

ساختمان:

#### اسیدفولیک

**نقش بیولوژیک:** اسیدفولیک بصورت تتراهیدروفولیک اسید بعنوان یک کوانزیم برای واکنشهای مؤثر در انتقال واحدهای یک کربنه (یعنی واحدهای فرمیل، متیل، مرفات و هیدروکسی متیل) از یک ترکیب به ترکیب دیگر عمل می‌کند. برای مثال، تتراهیدروفولیک اسید در سنتز هموگلوبین، گلیسین، متیونین، کولین، تیمین (پیریمیدین)، پورین و در متابولیسم فنیل آلانین، تیروزین و هیستیدین شرکت می‌کند.

**منابع غذایی:** منابع غنی غذایی اسیدفولیک شامل: مخمرخشک تورولا، مخمرخشک جو، دانه‌های خشک جو (۵-۱۰ میلیگرم/کیلوگرم)، غذای یونجه، سویای پرچرب، آرد کبد و شش، آرد جوانه گندم، آرد دانه کلم روغنی، سبوس برنج، آرد دانه کتان، آرد دانه گل آفتابگردان، آرد دانه پنبه، کل تخم مرغ، تقطیرکننده‌های خشک قابل حل، سبوس گندم، گندم آسیاب شده، آرد دانه گل رنگ، آب پنیرخشک بدون

---

لاکتوز (۵-۱ میلیگرم / کیلوگرم)، سایر منابع غنی غذایی شامل: قارچها، میوهجات (لیمو، توتفرنگی، موز) و سبزیجات دارای برگ سبز تیره می‌باشد.

۸-۲-۵ : سیانوکوبالامین

ساختمان:

سیانوکوبالامین

(ویتامین B۱۲)

**نقش بیولوژیک :** سیانوکوبالامین به شکل کوانزیم‌های کوبامید برای تشکیل طبیعی سلولهای قرمز خون و نگهداری بافت عصبی مورد نیاز می‌باشد، اگر چه نقش دقیق سیانوکوبالامین در این فرآیندها هنوز مشخص نیست، ولی متابولیسم آن با اسیدفولیک ارتباط نزدیکی دارد که آنها هر دو در متابولیسم واحدهای یک کربنه نقش

دارند. فرآیندهای فیزیولوژیک که در آنها کوآنزیم کوپامید شرکت دارد شامل: سنتز اسید نوکلئیک (از طریق نقش خود در سنتز تیمین و دی اکسی ریبوز)، چرخه مجدد تتراهیدروفولیک اسید، نگهداری و ابقاء فعالیت گلوکاتیون (متابولیسم هیدرات کربن)، تبدیل متیل مالونیل کوآنزیم A به ساکسی نیل کوآنزیم A (متابولیسم چربی) و در متیلاسیون هموسیستئین به متیونین (متابولیسم اسید آمینه) می باشد.

**منابع غذایی:** منابع غذایی غنی از سیانو کوپالامین شامل: محصولات جانبی حیوانی، کبد، کلیه، آرد ماهی، آرد گوشت و استخوان، شیرابه غلیظ ماهی، آرد محصولات جانبی (۱-۱/۰ میلیگرم/ کیلوگرم) می باشد.

۹-۲-۵ : اینوزیتول

ساختمان:

### اینوزیتول

۹ فرم استرئوایزومری ممکن است که فقط میو- اینوزیتول از نظر بیولوژیک فعال می باشد.

**نقش بیولوژیک:** میو اینوزیتول، به مثابه ترکیبی از فسفولیپیدهای اینوزیتول، از اجزاء ساختمانی مهم در بافت اسکلت و مغز و قلب می باشد. گرچه نقش فیزیولوژیک میو- اینوزیتول تاکنون مشخص نشده است ولی اعتقاد بر این است که نقش مهمی در رشد سلولهای کبد و مغز استخوان، انتقال چربی (کلسترول) کبد و سنتز RNA دارد. هیچ نقش کوآنزیمی تاکنون برای میو اینوزیتول توصیف نشده است.

**منابع غذایی:** منابع غذایی مایواینوزیتول شامل: بافتهای حیوانی (اسکلت، قلب، مغز و کبد)، مخمرخشک آجرو و آرد ماهی می‌باشد. در بافتهای گیاهی، مایواینوزیتول در شکل فسفوریلاتد و بعنوان اسیدفیتیک (اینوزیتول هگزافسفات) وجود دارد. گرچه اسیدفیتیک فاکتور ضدتغذیه‌ای برای اکثر حیوانات تک‌معدده‌ای بوسیله دخالت در جذب مواد مغذی ملاحظه شده است. منابع غنی غذایی شامل دانه‌های غلات و حبوبات است.

۱۰-۲-۵: کولین

ساختمان:

### کولین

**نقش بیولوژیک:** کولین یک ترکیب اساسی از فسفولیپیدها و استیل‌کولین می‌باشد و نقش حیاتی در نگهداری ساختمان سلولها و انتقال پیامهای عصبی دارد. کولین همچنین بعنوان یک متیل‌دهنده در واکنشهای ترانس \_ متیلاسیون فعالیت می‌کند (به عبارتی سنتزمتیونین) و در شکل فسفولیپید لسیتین نقش مهمی را در انتقال چربی ایفا می‌کند. هیچ فعالیت کوآنزیمی تاکنون برای کولین توصیف نشده است.

**منابع غذایی:** منابع غنی غذایی کولین شامل: آرد دانه روغنی کلسیم، آرد محصولات جانبی طیور، آرد میگو، آرد کبد و جگرسفید، ماهی خشک قابل حل (۷۰۰۰-۶۰۰۰ میلیگرم/کیلوگرم)، تقطیرکننده‌های خشک قابل حل، مخمرخشک جو، آرد دانه گل آفتابگردان، آب پنیرخشک بدون لاکتوز (۶۰۰۰-۴۰۰۰ میلیگرم/کیلوگرم)، آرد قهوه‌ای ماهی، مخمرخشک تورولا، آرد جوانه گندم، آرد ماهی سفید، آرد دانه گل‌رنگ، آرد

دانه کتان، آرد دانه سویا، آرد گوشت، آرد گوشت و استخوان، آرد میوه‌های هسته‌دار زمینی (۲۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم)، تخم مرغ کامل، سبوس گندم، آرد خشکیده جو، آرد گندم، سبوس برنج، برنج براق، گندم آسیاب شده و جو دوسر (۱۰۰۰-۲۰۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) می‌باشد.

۱۱-۲-۵: اسیداسکوربیک

ساختمان:

L- اسیداسکوربیک  
(فرم احیا شده)

L- اسکوربیک  
(فرم اکسید شده)

**نقش بیولوژیک:** اسیداسکوربیک و فرآورده اکسید شده آن دهیدرو - L - اسکوربیک اسید با تسهیل انتقال هیدروژن در داخل سلول حیوان مشابه آنتی‌اکسیدانهای فیزیولوژیک عمل می‌نماید. اسیداسکوربیک همچنین برای چندین واکنش هیدروکسیلاسیون در بدن، شامل هیدروکسیلاسیون تریپتوفان، تیروزین، لیزین، فنیل‌آلانین و پرولین لازم می‌باشد. از مهمترین واکنشهای هیدروکسیلاسیون مذکور احتمالاً می‌توان از واکنش تشکیل هیدروکسی پرولین از پرولین نام برد که هر دو اسیدآمین از مهمترین اجزاء کولاجن، موکوپلی ساکاریدها و کندروایتین سولفات

(یعنی مواد داخل سلول که سلولهای استخوانی، سلولهای خونی و سلولهای بافت نسجی را بهم می‌پیوندند) می‌باشند. بنابراین، اسیداسکوربیک در حفظ استحکام بافت پیوندی، رگهای خونی، بافت استخوانی و بافت‌های زخم نقش حیاتی را ایفا می‌کند. همچنین اسیدفولیک به شکل فعال متابولیک تتراهیدروفولیک اسید، تبدیل تریپتوفان به سروتونین و برای سنتز هورمونهای استروئید توسط کورتکس آدرنال مورد نیاز می‌باشد.

**منابع غذایی:** منابع غذایی غنی از اسیداسکوربیک شامل میوه و مرکبات، برگ سبز سبزیها، حشرات تازه و به میزان کمتری در غذای غده‌ای (کبد/ کلیه) می‌باشد. برای مثال، محتوی اسیداسکوربیک (بیان شده برحسب میلی‌گرم اسیداسکوربیک در ۱۰۰ گرم از محصولات تازه) موجود در چند قلم از غذاهای فهرست فوق به شرح ذیل برآورد شده است: کشمش سیاه ۲۰۰، فلفل سبز ۹۱، گل کلم ۶۴، شاهی آبی ۶۰، کلم سبز ۵۲، توت فرنگی ۶۰، پرتغال‌ها/ لیموها ۵۰، سیب‌زمینی ۳۰-۸، کبدخام ۳۰، کلیه خام ۱۲.

۳-۵: ویتامینهای محلول در چربی

۱-۳-۵: رتینول

رتینول

۳ دهیدوررتینول



## بتاکاروتن

ویتامین A فقط در بافت‌های حیوانی یافت می‌شود. در فرم رتینول (ویتامین A<sub>۱</sub>): پستانداران و ماهیان دریایی) و در فرم ۳ و ۴ دهیدرورتینول (ویتامین A<sub>۲</sub>: ماهی آب شیرین) وجود دارد اما، پیش در آمد ویتامین A در فرم پیگمانهای کاروتنوئید در بافت گیاهی یافت می‌شود (به عبارتی بتاکاروتن). وقتی که این پیگمانهای گیاهی توسط حیوان هضم می‌شوند، می‌توانند به ویتامین A فعال تبدیل شوند. قابلیت تبدیل بستگی به گونه‌های حیوان و فرم ایزومری کاروتنوئید هضم شده دارد و با ایزوم‌های ترانس دارای بالاترین فعالیت بیولوژیک خواهد بود.

**نقش بیولوژیک:** ویتامین A برای بینایی معمولی مورد نیاز است. در قرنیه چشم ویتامین A با پروتئینی ویژه (اپسین) تشکیل یک ماده رنگی مرئی را می‌دهد که بنوبه خود در دریافت و انتقال نور از چشم به مغز نقش دارد. بعلاوه، ویتامین A برای حفظ ترشحات موکوس از بافت‌های مخاطی مجرای تولید، پوست، استخوان و مجرای معده - روده مورد نیاز است. بنظر می‌رسد که نقش آن در محافظت از موکوس غشاهای و توسعه بافت استخوانی به علت سهم آن در تشکیل موکوپلی ساکاریدها باشد. اما نقش دقیق ویتامین A در متابولیسم سلولهای مخاطی بطور کامل مشخص نشده است. اعتقاد بر این است که ویتامین A برای آزاد کردن آنزیم‌های پروتئولیتیک از لیزوزیوم مورد نیاز می‌باشد.

**منابع غذایی:** منابع غنی غذایی رتینول شامل روغن کبد ماهی (روغن کبد هالیبوت - ۹۰۰۰ میکروگرم/ گرم، روغن کبد ماهی - ۱۸۰ میکروگرم/ گرم) در کبد خوراکی حیوان (۱۰۰-۲۵ میکروگرم/ گرم). در منابع غنی غذایی گیاهی ویتامین A (برحسب معادل رتینول میکروگرم در گرم وزن تر بیان شده است) شامل هویج کهنه - ۲۰، اسفناج - ۱۰ و شاهی ابی - ۵ می‌باشد. مقادیر ویتامین A یا رتینول در مواد غذایی

اغلب براساس واحدهای بین‌المللی بیان می‌گردد. یک واحد ویتامین A معادل ۰/۳۴۴ میکروگرم بتاکاروتن می‌باشد.

## ۲-۳-۵: کول‌کلسیفرول

ساختمان:

### کول‌کلسیفرول (ویتامین D<sub>۳</sub>)

منبع بزرگ ویتامین D در طبیعت، کول‌کلسیفرول است (ویتامین D<sub>۳</sub>). مشابه ویتامین A و کول‌کلسیفرول فقط در بافتهای حیوان وجود دارد. در اکثر حیوانات خشکی‌زی، کول‌کلسیفرول در پوست از طریق تابش اشعه ماوراءبنفش بر پروویتامین ۷- دهیدروکلسترول ساخته می‌شود.

**نقش بیولوژیک:** کول‌کلسیفرول نقش اساسی در متابولیسم کلسیم و فسفر در حیوانات ایفا می‌کند. بخصوص کول‌کلسیفرول برای جذب کلسیم از مجرای روده- معده و برای کلسیمی کردن و رشد بافت استخوانی مورد نیاز می‌باشد. پیش از آنکه کول‌کلسیفرول این وظایف متابولیک را انجام دهد، ابتدا تبدیل به ۲۵- هیدروکسی کلسیفرول (25-Hcc) در کبد می‌شود که بنوبه خود به شکل فعال فیزیولوژیک ۱ و ۲۵- دی‌هیدروکسی کلسیفرول (1,25-DHcc) در کلیه تبدیل می‌شود. ترکیب (1,25-DHcc) بر بافتهای هدف عمل می‌کند و مسئول سنتز پیوندهای کلسیمی پروتئین در سلولهای مخاطی روده می‌باشد. وظایف بیشتری که به 1,25-DHcc

نسبت می‌دهند شامل: تبدیل فسفرهای آبی به فسفرهای معدنی در استخوان، جذب دوباره فسفات و اسیدهای آمینه از لوله‌های کلیه، ثابت نگهداشتن سطح کلسیم خون، انباشت و اکسیداسیون سیترات در استخوان می‌باشد.

**منابع غذایی:** منابع غنی غذایی کول کلسیفرول شامل روغنهای کبدماهی (روغن کبدماهی کاد ۱۰-۲ میکروگرم/گرم)، روغن جگردام و خوراک ماهی نظیر ویتامین A، مقدار ویتامین D در مواد غذایی اغلب در واحدهای بین‌المللی بیان می‌گردد (i.u.). مقدار ۰/۰۲۵ میکروگرم کول کلسیفرول داشته و معادل یک استاندارد انگلیسی (BSI) یا ۱/۳ واحدی است که انجمن عالی شیمی‌دانان تجزیه آمریکا تعیین نموده است.

### ۳-۳-۵: توکوفرول

ساختمان:

#### توکوفرول (ویتامین E)

وقتی که  $R_1$ ،  $R_2$  و  $R_3$  همه گروههای  $CH_3$  باشند ایزومر توکوفرول، D-آلفا توکوفرول است. از ۸ ایزومر طبیعی توکوفرول، ایزومر آلفا وسیع‌ترین گستردگی و بالاترین فعالیت ویتامینی را دارد.

**نقش بیولوژیک:** توکوفرول نظیر آنتی‌اکسیدانهای داخل و خارج سلولی محلول در چربی در بدن حیوان عمل می‌کند. توکوفرول‌ها به میزان زیادی اسیدهای چرب غیراشباعی موجود در غشاء سلولی یا زیرغشاء سلولی و سایر ترکیبات و اکتنش دهنده (ویتامینهای A و C) را از صدمات اکسیدکننده‌ها بوسیله عامل مشابه تله‌های رادیکال آزاد محافظت می‌کنند. بنظر می‌رسد که توکوفرولها نقش مهمی در تنفس سلولی و در بیوسنتز DNA و کوآنزیم Q ایفا کنند.

**منابع غذایی:** منابع غنی غذایی توکوفرول شامل: غذای یونجه و جوانه گندم (۱۰۰-۱۲۵ میلیگرم/کیلوگرم)، تخم مرغ کامل، سبوس برنج (۷۵-۱۰۰ میلیگرم/

کیلوگرم)، سبوس برنج و آرد گندم (۷۵-۵۰ میلیگرم / کیلوگرم)، جو خشک آبجوساز و تقطیرشونده‌های خشک قابل حل، دانه جو، دانه سویا با چربی کامل، غلات ذرت، گندم آسیاب شده (۵۰-۲۵ میلیگرم / کیلوگرم)، غذای گلوتن گندم، سبوس گندم، غلات چاودار، غلات، غذای ماهی، جو دو سر، دانه گل آفتابگردان، تخم پنبه (۲۵-۱۰ میلیگرم / کیلوگرم) و سایر منابع غنی شامل تمام روغنهای سبزیجات و غلات برگ مانند سبزی می باشد.

۴-۳-۵ : فیلوکوئینون

ساختمان:

فیلوکوئینون (ویتامین K<sub>۱</sub>)

مولتی پرنیل ماناکوئینون (ویتامین K<sub>۲</sub>)

### منادیون (ویتامین K<sub>۳</sub>)

همه ترکیبات دارای فعالیت ویتامین K از مشتقات نفتوکوئینون هستند. دو فرم طبیعی موجود، فیلوکینون (سنتز شده بوسیله گیاهان با برگ سبز) و مولتی پرنیل مناکینون (سنتز شده بوسیله میکروارگانیسم‌ها) می‌باشند. اما، ساده‌ترین و قویترین فرم ویتامین K، مشتق سنتتیک یعنی منادیون (ویتامین K<sub>۳</sub>) است.

**نقش بیولوژیک:** ویتامین K برای حفظ انعقاد طبیعی خون، با تسهیل تولید یا آزاد نمودن پروتئینهای مختلف پلاسمای مورد نیاز برای انعقاد خون شامل پروترومبین و پروکونورتین، پلازما ترمبوپلاستین و فاکتور استوارت - پراور مورد نیاز می‌باشد. گرچه بنظر می‌رسد که ویتامین K ممکن است در انتقال الکترون و فسفریلاسیون اکسیداتیو در میکروارگانیسم‌ها نقشی ایفا کند، این وظایف را هنوز ادامه می‌دهند تا در حیوانات بزرگتر به اثبات برسند.

**منابع غذایی:** منابع غذایی غنی در ویتامین K شامل غذای تهیه شده از یونجه برای تغذیه دام و طیور (۹ میلی‌گرم/کیلوگرم)، غذای ماهی (۲ میلی‌گرم/کیلوگرم)، غذای تهیه شده از کبد و سبزیجات دارای برگ پهن (اسفناج)، کلم پیچ، کلم، برگ سوزنی کاج و گزنه می‌باشد.

### ۴-۵: نیازمندیهای ویتامین در جیره غذایی

نیازمندیهای ویتامین در جیره غذایی برای ماهی و میگو بوسیله سطوح درجه‌بندی شده مواد غذایی برای هر ویتامین طی تستهای تغذیه‌ای پاک و نیمه‌پاک تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاهی، انجام می‌گردد. نیازمندی تغذیه‌ای در نقطه شکست براساس پاسخ مشاهده شده رشد، کارایی غذا یا غلظت ویتامین بافت تعیین می‌شود.

(ADCP, 1980; Castell *et al.*, 1986; Cho, Cowey, Watanabe, 1985; Kanazawa, 1983; Koenig, 1981; NRC, 1983; Robinson, Wilson, 1985)

به رغم نیاز آشکار فیزیولوژیک اکثر ماهی‌ها و میگوها به ۱۵ یا تعداد زیادی از ویتامینهای مذکور، تحت شرایط پرورشی عملی، نیازمندی کمی به ویتامین در رژیم غذایی بستگی به عوامل مهمی دارد که شامل:

- رفتار تغذیه‌ای گونه‌های پرورش ماهی و میگو. برای مثال، گونه‌هایی نظیر میگو که غذای خود را به آهستگی طی دوره چند ساعته مصرف می‌نمایند، به سطوح بالاتری از رژیم غذایی برای خنثی نمودن کاهش بالای ویتامینهای قابل حل در آب طی نشت از غذا نیاز دارند.

- ظرفیت سنتزی ویتامین توسط میکروفلور روده در گونه‌های ماهی و میگوی پرورشی. برای مثال، یک میکروفلور خوب توسعه یافته در روده قادر است اغلب ویتامینهای B، پانتوتنیک اسید، بیوتین، کولین، اینوزیتول و ویتامین K را سنتز نماید که به طور منظم ممکن است برای حیوان قابل دسترس شوند و بدین طریق از نیازمندی تغذیه‌ای ماهی بکاهد. این نظر ممکن است بویژه برای گونه‌های ماهیان گیاهخوار یا همه چیزخوار میگو درست باشد.

- نوع سیستم پرورشی که مورد استفاده واقع می‌شود (متراکم، نیمه‌متراکم یا گسترده) و فراهم بودن ارگانوسمها غذای طبیعی در داخل آب. برای مثال، هیچ اثر سودمندی از جیره غذایی ویتامین در پرورش کپور و ماهی تیلاپیا در استخرهای بارور شده (کود داده شده) یا در قفس (در استخر) با تراکم دانسیته ماهی از ۳/ متر مربع و ۱۰۰/ مترمکعب مورد انتظار مشاهده نشده است

(ca ۴۰۰ گرم ماهی، S. Viola, Israel, 1985)

اینجا عامل، حاصلخیزی طبیعی آب و کل توده زنده گونه‌های ماهی یا میگو ذخیره است. اهمیت جیره ویتامین تکمیلی با افزایش دانسیته ذخیره و کاهش دسترسی غذای زنده برای هر جاندار افزایش می‌یابد. بنابراین ارگانیزم‌های غذای طبیعی معرف یک منبع بالقوه جیره ویتامینه برای استخرهای پرورشی گونه‌های مختلط آبزیان می‌باشد.

- اندازه و نرخ رشد ماهی یا گونه‌های میگوی پرورشی (نیازمندی روزانه ویتامین بر واحد وزن بدن با افزایش اندازه حیوان و کاهش نسبت رشد، کاهش می‌یابد).

- محتویات تغذیه‌ای مواد غذایی مورد مصرف. برای مثال، نیازمندی رژیم تغذیه‌ای برای توکوفرول، تیامین و پیریدوکسین با افزایش غلظت‌های مواد تغذیه‌ای شامل اسیدهای چرب با حلقه‌های اشباع نشده، هیدرات کربن و پروتئین بترتیب افزایش را نشان داده است.
  - فرایند ساخت بکار گرفته شده برای تولید جیره غذایی. برای مثال، خنثی نمودن هدر رفتن ویتامین‌های ناپایدار حرارتی طی ساخت غذا، در حرارت خشک یا بخار فشرده احتیاج به ویتامین‌های پایدار بالاتری نسبت به مراحل سرد یا مرطوب فشرده دارد.
  - مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی آب و شرایط فیزیولوژیک گونه‌های ماهی و میگوی پرورشی. برای مثال، دریافتند که تأثیر منفی آلودگی، بیماری، زخم‌های فیزیکی، تحت فشار قرار دادن ماهیها توسط مکملهای غذایی با اسیداسکوربیک بیش از حد نیاز حیوان تا حدودی کاهش می‌یابد.
- از موارد فوق چنین نتیجه می‌شود که از لحاظ فیزیولوژیک ویتامین مورد نیاز ماهی و میگو (یعنی حداقل سطح ویتامین که حداکثر سطح رشد، حداکثر ذخیره‌سازی ویتامین بافت یا جلوگیری از علائم کمبود ویتامین را باعث می‌شود) بطور قابل ملاحظه‌ای با سطح ویتامین مورد نیاز در یک تقسیم‌بندی عملی برای ماهی یا میگو، متفاوت است. متأسفانه اطلاعات موجود در خصوص نیازهای ویتامین در تغذیه ماهی یا میگو تحت شرایط پرورشی فشرده یا نیمه‌فشرده بسیار اندک است و عمده مطالعات در شرایط آزمایشگاهی بسته تحت کنترل یا برای حیواناتی انجام شده است که با مواد غذایی دستی پرورش یافته‌اند.
- به رغم وجود این موانع جدی، نیازهای ویتامینی تغذیه‌ای ماهی و میگو در جدول شماره ۱۰ خلاصه شده است نیازهای ویتامینی مورد نیاز ارائه شده نشان‌دهنده حداقل نیازهای غذایی رشد و جلوگیری از بروز علائم کمبود ویتامین می‌باشد که در نتیجه مانع بروز ضررهای ذخیره‌سازی یا عمل‌آوری ویتامینی غذایی می‌شوند.



























---

۵-۵ : بیماری شناسی ویتامین

۵-۵-۱ : کمبود ویتامین

در جدول ذیل کمبودها و نقایصی در ماهی و میگو در حالت آزمایشگاهی گزارش و شرح داده شده که فاقد رژیم غذایی ویتامینی هستند.















تحت شرایط پرورش متمرکز و در فقدان ارگانوسم‌های غذای طبیعی، کمبودهای ویتامین رژیم غذایی ممکن است ناشی از موارد ذیل باشد:

### عمل‌آوری مواد غذایی و انبار

**ریبوفلاوین:** به شکل پودر خشک قابل پاشیدن یا بصورت محصول خشک رقیق شده استفاده می‌شود. ریبوفلاوین عموماً بصورت ترکیب پایدار در مولتی‌ویتامین خشک وجود دارد. عمل‌آوری با کاهش ۲۶ درصد برای توسعه غذای موجودات پرورشی گزارش شده است (NRC, 1983). غذاهای شامل ریبوفلاوین باید از نور شدید/ اشعه ماوراءبنفش (در معرض اکسیداسیون) و نیز از شرایط قلیایی حفاظت شود.

**اسیدپانتوتینیک:** به شکل کلسیم d- پانتوتنات (با ۹۲ درصد فعالیت) یا کلسیم dl- پانتوتنات (۴۶ درصد فعالیت). اسیدپانتوتینیک در ترکیب مولتی‌ویتامین خشک عموماً پایدار است. تلفات و کاهش این عمل‌آوری طی گلوله نمودن یا در حالت پخش به اندازه ۱۰ درصد گزارش شده است.

**نیاسین:** شکل خاصی از اسیدنیکوتینیک یا نیاسین‌آمید و بصورت محصول خشک رقیق شده استفاده می‌شود. مقدار نیاسین در ترکیب مولتی‌ویتامین خشک عموماً پایدار است. کاهش در ضمن عمل‌آوری ۲۰ درصد برای افزایش غذای موجودات پرورشی گزارش شده است (NRC, 1983) ماندگاری نیاسین خوب است فقط اگر بصورت خنک و خشک نگهداری شود.

**تیامین:** به شکل منونیترا تیامین (فعالیت ۹۱/۸۸ درصد) استفاده می‌شود، تیامین در ترکیب خشک مولتی‌ویتامین هنگامی پایدار است که کولین یا عناصر به مقدار کم و ناچیز به آن اضافه شود. تیامین تحت شرایط قلیایی یا در حضور سولفید بسرعت خراب می‌شود. عمل‌آوری (گلوله شدن/ بخش‌شدن) و انبار (۷ ماه و دمای اتاق) تلفات بترتیب ۱۰-۰ و ۱۲-۱۱ درصد گزارش شده است. (Slinger, Razzaque, Cho, 1979)

**پیریدوکسین**: شکل پیریدوکسین هیدروکلرید خشک و رقیق شده مصرف می‌شود، پیریدوکسین در ترکیب مولتی‌ویتامین خشک پایدار است که فاقد عناصر ناچیز افزوده باشد. غذاهای آماده شده‌ای که شامل پیریدوکسین هستند نیاز به محافظت از نور خورشید (ماوراءبنفش)، حرارت و رطوبت دارد. در عمل‌آوری و انبار (۱۰ ماه)، کاهش ۷-۱۰ درصد گزارش شده است. (Slinger, Razzaque, Cho, 1979)

**بیوتین**: شکل d-بیوتین خشک و رقیق شده مصرف می‌شود. بیوتین عموماً در ترکیب مولتی‌ویتامین خشک پایدار است. در عمل‌آوری کاهش ۱۰ درصد برای گسترش غذای حیوانات پرورشی گزارش شده است. (NRC, 1983)

**اسید فولیک**: شکل کریستالی و خشک رقیق شده مصرف می‌شود. اسید فولیک می‌تواند طی انبار در ترکیب مولتی‌ویتامین خشک بخصوص در درجه حرارت بالا کاسته شود. (۴۳ درصد فعالیت بعد از ۳ ماه در درجه حرارت اتاق کاسته می‌شود). کاهش عمل‌آوری و انبار ۳-۱۰ درصد گزارش شده است (اسلنیکر و رازاکو و کو، ۱۹۷۹). اسید فولیک در درجه حرارت بالا در هنگام نگهداری و انبار و در معرض نور خورشید تمایل به ترکیب با اکسیژن را دارد.

**ویتامین B<sub>۱۲</sub>**: شکل کریستالی و خشک رقیق شده مصرف دارد پایداری ویتامین B<sub>۱۲</sub> در مخلوط مولتی‌ویتامین بستگی به درجه حرارت انبار، درجه حرارت بالا، کاهش فعالیت، بخصوص در حضور اسید ملایم دارد.

**کولین**: بصورت محلول ۷۰ درصد کولین کلراید یا به مثابه پودر خشک (۶۰-۲۵ درصد فعالیت) مصرف می‌گردد. کولین کلرید در ترکیب مولتی‌ویتامین پایدار است اما پایداری آن می‌تواند حضور سایر ویتامین‌ها را کاهش دهد. پایداری نسبی در عمل‌آوری و انبار دارد. (NRC, 1983)

**ویتامین C**: بصورت L-اسکوربیک اسید واتیل سلولز یا بصورت پوشیده از چربی (جهت افزایش پایداری) استفاده می‌شود و عموماً در ترکیب خشک مولتی‌ویتامین به علت استحکام کم آن اضافه نمی‌شود. به آسانی در حضور رطوبت مقدار کمی از عناصر، درجه حرارت بالا، نور و محصولات اکسیداسیون (روغنهای تند)، اکسیده

می‌شود. پایداری آن به شکل محصول مورد مصرف و روش عمل‌آوری غذا بستگی دارد (Soliman, Jauncey, Roberts, 1987). برای مثال، اثر مخلوط کردن (نرم کردن)، آب افزوده و قرص سرد و خشک براساس درصد ابقاء L اسکوربیک اسید، نمک سدیم اسکوربیک اسید، پوشش گلیسیرید L- اسکوربیک اسید و نمک باریم L- اسکوربیک اسید ۲ سولفات (غلظت رژیم غذایی اولیه ۱۲۵ میلی‌گرم اسکوربیک اسید/در ۱۰۰ گرم رژیم غذایی) مقدار ۹۴/۸۹، ۹۳/۷۷ و ۹۸/۹۹ درصد بترتیب (برای مخلوط) و ۷۴/۵۹، ۷۱/۱۲، ۹۴/۴ و ۹۵/۷ درصد بترتیب (بعد از افزایش آب) و ۶۴/۸، ۶۱/۱۴، ۸۷/۵۵ و ۹۵/۵ درصد بترتیب (بعد از قرص سرد) و ۲۶/۲۶، ۳۳/۵ و ۵۸/۱۰ و ۹۴/۷ درصد بترتیب (بعد از قرصهای غذایی خشک و مرطوب (Soliman, Jauncey, Roberts, 1987 گزارش شده است. کاهش در ضمن عمل‌آوری و انبار برای رژیم غذایی کاربردی ماهی بالاتر از ۹۵ درصد برای اسیداسکوربیک بدون پوشش گزارش شده است (Slinger, Razzaque, Cho, 1979; Sandnes, Utne, 1982).

اما، این مشکلات را می‌توان با بکار بردن سطوح بالاتر رژیم غذایی با بکار بردن شکل حفاظت شده اسیداسکوربیک مانند اسیداسکوربیک ۲ سولفات و اسیداسکوربیک پوشیده با گلیسیرید غلبه نمود (Soliman, Jauncey, Roberts, 1987; Hilton, Cho, Slinger, 1977; Halver *et al.*, 1975).

**ویتامین A:** بصورت استان، پالمیتات یا پروپنوتات اتر و معمولاً بشکل گلوله‌ای به همراه ویتامین D استفاده می‌شود. ویتامین A در ترکیب مولتی‌ویتامین خشک پایدار است. اما ویتامین A در حضور درجه حرارت بالای انبار و محصولات اکسیژن، اکسیده می‌گردد (روغنهای تند شده). کاهش عمل‌آوری بیست درصد برای توسعه غذای حیوانات پرورشی گزارش شده است (NRC, 1983). همچنین، انبار به مدت شش ماه در درجه حرارت اتاق، کاهش به ۵۳ درصد فعالیت ویتامین A منجر می‌شود (NRC, 1983). پایداری بوسیلهٔ محافظت آنتی‌اکسیدان مناسب و پاشیدن آن به خارج غذای گلوله شکل در چربی میانی افزایش می‌یابد (NRC, 1983).

**ویتامین D:** ویتامین D<sub>۳</sub> استفاده می‌شود و معمولاً به شکل گلوله کوچکی با ویتامین A یا نظیر اسپری خشک یا پودر خشک شده اضافه می‌شود. پایداری آن معمولاً بالاست.

**ویتامین K:** بشکل نمک منادیون (ویتامین K<sub>۳</sub>) و بصورت منادیون سدیم بی‌سولفیت منادیون (با ۵۰ درصد فعالیت K<sub>۳</sub>) یا کمپلکس سدیم منادیون بی‌سولفیت (با ۳۳ درصد فعالیت K<sub>۳</sub>) استفاده می‌شود. پایداری آن در ترکیب مولتی‌ویتامین در حضور عناصر جزئی خوب می‌باشد (Frye, 1978). تحت شرایط گرم عمل‌آوری، رطوبت و pH قلیایی و عناصر جزئی، تخریب نمکهای منادیون تسریع می‌گردد (NRC, 1983). غذاهای آماده بایستی از نور خورشید محافظت شود که موجب اکسیداسیون بیشتر می‌گردد.

**ویتامین E:** در فرم dl-آلفا-توکوفرول استات، یا اسپری خشک با جذب شده استفاده می‌گردد. ویتامین E در مخلوط مولتی‌ویتامین خشک انبار شده در زیر درجه حرارت اتاق پایدار است. پایداری آن وقتی به شکل استات استفاده می‌شود افزایش می‌یابد، ولی در صورت انبار در درجه حرارت بالا و در حضور محصولات اکسیداسیون (روغنهای تندشده) آماده اکسید شدن می‌گردد.

**شستشوی ویتامینهای قابل حل در آب:** بر خلاف ویتامینهای قابل حل در چربی (A, D, E, K)، ویتامینهای قابل حل در آب قبل از بلعیده شدن توسط ماهی یا میگو، از غذا در ضمن شستشو حذف گردند. بطور کلی، هر چه اندازه ذرات غذا کوچکتر و مدت باقیماندن آن در آب قبل از خوردن بیشتر باشد، میزان بیشتری از ویتامینهای قابل حل در آب در خلال شستشو حذف می‌گردند.

بویژه در اسید L اسکوربیک (ویتامین C)، مشخص شده است که طی شستشو تمایل به کاهش دارد. برای مثال، به رغم از بین رفتن مقدار زیاد ویتامین C که هنگام آماده کردن و انبارداری رخ می‌دهد، گزارش داده شده که بیش از ۷۰-۵۰ درصد فعالیت ویتامین C باقیمانده، طی شستشو بعد از مدت ده ثانیه غوطه‌ور شدن در آب از دست می‌رود (گلوله‌هایی با قطر ۲/۳۶-۱/۱۸ میلی‌متر Slinger & Razzaqu, Cho, 1979). در

مطالعات مشابه این نویسندگان کاهش ۲۰-۵ درصد اسیدپانتوتنیک، ۲۷-۰ درصد کاهش در اسیدفولیک، ۱۷-۰ درصد کاهش در تیامین و ۱۳-۳ درصد کاهش در فعالیت پیریدوکسین را طی شستشو بعد از مدت ده ثانیه غوطه‌ور شدن در آن گزارش نمودند (Murai, Andrews, 1975).

گزارش شده است که اسیدپانتوتنیک در ماهی قزل‌آلا که دارای ۵۰۰ میلیگرم/کیلوگرم اسیدپانتوتنیک می‌باشد، پس از ده ثانیه فرورفتن در آب به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. همچنین آزمایش پایداری آب با رژیم غذایی کامل برای میگوی پنائیده، کاهش ویتامین محلول در آب را ۹۷ درصد (تیامین)، ۹۴ درصد (پانتوتنیک اسید)، ۹۳ درصد (پیریدوکسین)، ۹۰ درصد (ویتامین C)، ۸۶ درصد ریبوفلاوین، ۵۰ درصد اینوزیتول و ۴۵ درصد (کولین) را بعد از یک ساعت دوره غوطه‌وری در آب دریا گزارش نمودند (Cuzon, Hew & Cognie, 1982).

### کمبودهایی به علت حضور فاکتورهای ضد ویتامین

**آویدین:** عامل ضد ویتامینی که در سفیده تخم خام وجود دارد و به آسانی توسط گرما از بین می‌رود.

**تیامیناز:** فاکتور گرمادهنده ضد تیامین موجود در ماهی خام، صدف، برنج پوست کنده شده، دانه خردل هندی، باقلا (گرم سبز) و بذر کتان است (لینر، ۱۹۸۰). کمبود تیامین رژیم غذایی ممکن است از حرارت دادن مواد خام طی عمل‌آوری باشد که در نتیجه آن تیامیناز غیرفعال می‌شود یا با استفاده از دی‌بنزویل تیامین مکمل (DBT) به مثابه شکل مقاوم تیامیناز از تیامین رژیم غذایی می‌گردد.

**آنتی ویتامین A, E, D<sub>12</sub>:** گزارش شده است که این فاکتورهای ضد ویتامینی در دانه سویای خام وجود داشته و ممکن است بوسیله مداوای حرارت غیرفعال گردند.

**ضدپیریدوکسین:** فاکتور ضدپیریدوکسین موجود در دانه سویا مانند موارد فوق مداوا می‌گردد.

### کمبود به علت آنتی‌بیوتیک‌های افزوده شده به رژیم غذایی

استفاده آنتی‌بیوتیک‌های غذایی برای مداوای بیماری ممکن است قابلیت سنتز ویتامین حاصل از عملکرد میکروفلور روده ماهی را از بین ببرد. در گونه‌های همه چیزخوار و گوشت‌خوار نقش مهمی در احتیاجات ویتامین حیوان بازی می‌کند.

#### ۲-۵-۵: سمیت ویتامین

در مقایسه با ویتامینهای محلول در آب، ماهی و میگو ویتامینهای محلول در چربی را اندوخته می‌نمایند تحت شرایطی که رژیم غذایی سوخت و ساز بیشتری دارند. تحت شرایط مشخصی اندوخته به گونه‌ای است که شرایط سمیت (هیپرویتامینوز)<sup>۱</sup> ممکن است تولید گردد. اگر چه مشابه این شرایط تحت شرایط عملی پرورش غیر متحمل می‌باشد، ویتامین مذکور بطور آزمایشگاهی در ماهی استنتاج شده است. علائم سمیت گزارش شده شامل موارد ذیل می‌باشد.

<p>کاهش رشد و هماتوکریت و بیماری شدید نسج، خوردگی مقعد و دم و باله‌های پشتی و سینه‌ای و خمیدگی طرفی ستون مهره‌ها، زیاد شدن تحذب انحنای فقرات کمری بجلو، افزایش مرگ و میر، کبدهای زرد پیر (۱ و ۲)</p>	<p>ویتامین A: آزاد ماهیان</p>
<p>کاهش رشد و خواب آلودگی و تیره شدن رنگ (۳) کاهش رشد و کمبود کارآیی غذا (۴)</p>	<p>ویتامین D: آزاد ماهیان گرچه ماهی کانال</p>
<p>کاهش رشد و واکنش سمی کبد و افزایش مرگ و میر (۳)</p>	<p>ویتامین E: عمومی</p>

1- Hilton (1983); 2- Poston (1979); 3- Halver (1980); 4- Andrews, Murai & Page (1980)

۱- هیپرویتامینوز: حالتی است که در نتیجه خوردن مقدار زیادی ویتامین ایجاد می‌شود.

## فصل ششم

### مواد مغذی ضروری \_ مواد معدنی

#### ۱-۶: مقدمه و طبقه‌بندی

بجز عناصر محدود آلی هیدروژن، کربن، نیتروژن و اکسیژن، حدود ۲۰ عنصر غیرآلی وجود دارند که برای زندگی حیوانات شامل ماهی و میگو ضروری هستند. عناصر معدنی حیاتی معمولاً براساس تمرکز آنها در بدن جانداران به ۲ گروه بزرگ عناصر و ریز عناصر (جدول ۱۱) طبقه‌بندی نمودند.

جدول ۱۱: عناصر معدنی اصلی<sup>(۱)</sup>

عناصر با مقدار زیاد		عناصر کوچک (با مقادیر کم)	
کاتیونهای عمده	آنیونهای عمده		
(Ca) کلسیم	(P) فسفر	(Fe) آهن	(F) فلورین
(Mg) منیزیم	(Cl) کلر	(Zn) روی	(V) وانادیم
(Na) سدیم	(S) گوگرد	(Mn) منگنز	(Cr) کروم
(K) پتاسیم		(Cu) مس	(Mo) مولیبدن
		(I) ید	(Se) سلنیم
		(Co) کوبالت	(Sn) قلع
		(Ni) نیکل	(Si) سیلیسیم

1- Underwood (1971); Reinhold (1975)



**۶-۲: عملکرد عمومی**

عملکرد عمومی مواد مغذی و عناصر جزئی را می‌توان به صورت ذیل طبقه‌بندی کرد:

- مواد معدنی اجزای ضروری ساختار اسکلتی مانند استخوان و دندان هستند.
- مواد معدنی، نقش کلیدی در حفظ فشار اسمزی دارند و به همین علت تبادل آب و مایعات درون بدن جانداران را تنظیم می‌کنند.
- مواد معدنی اجزای ساختاری بافت‌های نرم هستند.
- مواد معدنی، برای انتقال پیام‌های عصبی و انقباض عضلانی لازم هستند.
- مواد معدنی، نقش حیاتی را در توازن اسیدی - بازی بدن ایفا می‌کنند، بنابراین pH خون سایر مایعات بدن را تنظیم می‌کنند.
- مواد معدنی، اجزای ضروری بسیاری از آنزیم‌ها، ویتامین‌ها، هورمون‌ها و رنگدانه‌های تنفسی مثل هموگلوبین یا کوفاکتور (کوآنزیم) در متابولیسم، کاتالیت و فعال‌کننده‌های آنزیم هستند.

**۶-۳: عناصر اصلی<sup>۱</sup>****۶-۳-۱: کلسیم**

**نقش بیولوژیک:** نقش بیولوژیک اساسی کلسیم را می‌توان به صورت ذیل خلاصه کرد:

- کلسیم جزء ضروری استخوان، غضروف و نیز اسکلت خارجی سخت‌پوستان است.
- کلسیم برای انعقاد طبیعی خون ضروری است که با تحریک موجب آزادسازی ترومبوپلاستین از پلاکتهای خون می‌گردد.
- کلسیم فعال‌کننده آنزیم‌های کلیدی بسیاری از جمله لپازپانکراتیک، اسیدفسفاتازلوکین استراز، آنزیم‌های ATP و سوکسیدنیک دهیدروژناز می‌باشد.

- کلسیم با نقش خود در فعال سازی آنزیم، انقباض ماهیچه را تحریک می‌کند (کشیدگی طبیعی ماهیچه و ضربان طبیعی قلب را ایجاد می‌کند) و با کنترل بر ترشح استیل کولین، انتقال پیام عصبی را از سلولی به سلول دیگر تنظیم می‌کند.

- کلسیم در ترکیب با فسفولیپیدها نقش کلیدی را در تنظیم نفوذپذیری غشای سلولی دارد و در نتیجه بر جذب بیشتر مواد مغذی توسط سلولها نیز مؤثر است.

- کلسیم برای جذب ویتامین B<sub>12</sub> از مجرای روده ضروری تلقی می‌شود.

**مواد غذایی و جذب:** منابع غنی غذای کلسیم شامل: پوشش سخت پوستان، پودر استخوان، مواد جامد فسفری (۳۰-۴۰ درصد)، آرد میگو، آرد خرچنگ و پودر استخوان و گوشت (۱۰-۲۰ درصد) آرد ماهی سفید، کود مرغی، پودر گوشت (۵-۱۰ درصد) و پودر ماهی قهوه‌ای، پودر شیرخشک بدون لاکتوز، شیرخامه گرفته شده خشک، پودر حاصل از طیور، پودر کتانجک، پودر آرد یونجه (۵-۱ درصد).

- کلسیم سرعت توسط مجرای روده- معده (از طریق فعالیت ویتامین D<sub>3</sub>)، آبششها، پوست و باله‌های ماهی و سخت‌پوستان جذب می‌شود. بطور کلی جذب رژیم کلسیم بوسیله لاکتوز رژیم غذایی (با تشکیل کمپلکس کلسیم- شکر محلول) و بوسیله اسیدیته معده (با کمک به حل کردن نمک کلسیم) تسهیل می‌شود.

## ۲-۳-۶: فسفر

**نقش بیولوژیک:** به طور خلاصه عمده وظایف بیولوژیک فسفر به شرح ذیل است:

- فسفر جزء ضروری از استخوان، غضروف و اسکلت خارجی سخت‌پوستان است.

- فسفر جزء ضروری فسفولیپیدها، اسیدهای نوکلئیک، فسفوپروتئین‌ها (کازئین)، انرژی بالای استرهای فسفات (ATP) و هگزوزفسفاتها، کراتین فسفات و بسیاری از آنزیمهای کلیدی است.

- فسفر بعنوان جزئی از این مواد اصلی بیولوژیک، نقش مرکزی در انرژی و متابولیسم سلولی دارد. فسفاتهای غیرآلی به عنوان بافرهای مهم برای تنظیم تعادل اسیدی- بازی مایعات بدن جانداران هستند.

**منابع غذایی و جذب:** منابع غنی غذایی فسفر شامل: مواد جامد فسفری، دی‌کلسیم فسفات، پودر استخوان، (۲۰-۱۰ درصد فسفر)، پودر گوشت و استخوان، پودر گوشت، پودر ماهی سفید، پودر میگو، پودر حاصل از طیور، کود مرغی (۵-۲ درصد) و سبوس برنج، برنج (صیقلی)، سبوس گندم، پودر آسیاب گندم، مخمر آبجو، پودر دانه آفتابگردان، پودر تخم پنبه (پنبه دانه)، پودر شلغم روغنی، پودر تخم کنجد، شیرخشک بدون لاکتوز (۲-۱ درصد).

اگر چه نمکهای محلول فسفر ممکن است از راه پوست، باله‌ها و آبششهای ماهی و میگوها جذب شوند، اما تمرکز فسفر در آب (خنک، خالص) و آب دریا پائین است، به همین دلیل نیازهای بدن به فسفر معمولاً از طریق منابع رژیمی تأمین می‌شوند. در میان غذاهای گیاهی شامل حبوبات و دانه‌های روغنی ۵۰ تا ۸۰ درصد فسفر به شکل نمک کلسیم یا منیزیم یا اسیدفیتیک موجود است که اسیدفیتیک متشکل از استرگزافسفات اینوسیتول می‌باشد. این شکل آلی فسفر باید ابتدا در مجرای روده بوسیله آنزیم فیتاز به اینوسیتول و اسیدفسفریک، ئیدرولیز شود قبل از اینکه توسط حیوان (جاندار) جذب شود. مانند کلسیم، جذب نمک فسفر غیرآلی با اسیدیته بالای معدی تسهیل می‌گردد، هرچه نمک محلولتر باشد دسترسی و جذب فسفر نیز بالاتر است.

### ۳-۳-۶: منیزیم

**نقش بیولوژیک:** نقش بیولوژیک اساسی منیزیم را می‌توان به شرح ذیل خلاصه نمود:

- منیزیم جزء ضروری در استخوان، نرمه استخوان (غضروف) و پوسته سخت‌پوستان است.

- منیزیم فعال‌کننده سیستم‌های بسیاری از آنزیم‌های کلیدی از جمله کیتازها (آنزیم‌هایی که انتقال نهایی فسفات از ATP را به قند یا سایر پذیرنده‌ها کاتالیز می‌کنند)، موتازها (واکنش‌های ترانس فسفریلاسیون) و AT پازهای عضلانی و آنزیم‌های کولین استراز و الکالین فسفاتاز، اینولاز، ایزوسیتریک دی‌هیدروژناز،

آرژیناز (منیزیم تشکیل شده از مولکول آرژیناز)، دی‌اکسی‌ریبونوکلئاز و گلوتامیناز می‌باشد.

- منیزیم با نقشی که در فعال‌سازی آنزیم دارد (مانند کلسیم)، تحریک ماهیچه و سلولهای عصبی را بعهده دارد و تعادل اسیدی-بازی درون سلولی را تنظیم کرده و نیز نقش مهمی در متابولیسم هیدراتهای کربن، پروتئین و چربی دارد.

**منابع غذایی و جذب:** منابع غنی غذایی منیزیم شامل: پودر گوشت و استخوان، سبوس برنج، پودر کتانجک (گیاه دریائی)، پودر دانه گل آفتابگردان (منیزیم ۱-۰/۷۵ درصد)، سبوس گندم، بازده آسیاب گندم، برنج (صیقلی)، پودر شلغم روغنی، پودر میگو، پودر پنبه دانه، پودر بذرکتان، کود ماکیان، پودر خرچنگ (۰/۷۵-۰/۵ درصد) می‌باشد.

منیزیم بسرعت در مجرای روده، آبشش‌ها، پوست و باله ماهیها و سخت‌پوستان جذب می‌شود. نظیر کلسیم و فسفر، نسبتی از منیزیم در مواد غذایی گیاهی می‌تواند به شکل فیتین (نمک کلسیم یا منیزیم اسیدفیتیک) وجود داشته باشد.

#### ۴-۳-۶: سدیم، پتاسیم، کلر

**نقش بیولوژیک:** سدیم، پتاسیم و کلر تقریباً در تمام مایعات و بافت‌های نرم بدن یافت می‌شود. سدیم و کلر بیشتر در مایعات بدن و پتاسیم بیشتر در سلولهای آنها یافت می‌شوند. عملکرد حیاتی در کنترل فشاراسمزی و تعادل اسیدی-بازی دارند و نیز در متابولیسم آب نقش مهمی ایفا می‌کنند. سدیم یون اصلی (یک ظرفیتی) مایعات برون سلولی است، یونهای سدیم شامل ۹۳ درصد یونهای یافت شده در جریان خون می‌باشند. اگر چه نقش اصلی سدیم در موجود زنده با تنظیم فشاراسمزی و حفظ تعادل اسیدی مرتبط است، سدیم همچنین بر تحریک‌پذیری عضلانی موثر می‌باشد و نقش منحصر بفردی در جذب هیدرات کربن ایفا می‌کند.

پتاسیم از بیشترین یونهای مثبت مایعات درون سلولی است و فشاراسمزی و تعادل اسیدی-بازی درون سلول را تنظیم می‌کند. مانند سدیم بر تحریک‌پذیری

عضلات موثر است. پتاسیم برای سنتز گلیکوژن، پروتئین و تجزیه متابولیک گلوکز مورد نیاز است.

کلرآنیون اصلی یک ظرفیتی مایعات برون سلولی است، یونهای کلرین حدود ۶۵ درصد کل آنیونهای پلاسماي خون و سایر مایعات برون سلولی بدن را تشکیل می‌دهد (مانند شیرۀ معده). بنابراین، کلر برای تنظیم فشاراسمزی و تعادل اسید-باز ضروری است. کلر نیز نقش خاصی را در انتقال اکسیژن و دی‌اکسید کربن در خون و حفظ اسیدیته شیرۀ هضم شده دارد.

**منابع غذایی و جذب:** منابع غذایی غنی سدیم، پتاسیم و کلر شامل: آرد کتانجک (گیاه دریائی)، محلول ماهی آبگیری شده، شیرخشک بدون لاکتوز، پودر میگو، آرد ماهی سفید، آرد گوشت، آرد گوشت و استخوان (۴-۱ درصد سدیم در کمبودهای تجویز شده)، ملاس نیشکر دی‌هیدرات (شیره قند)، پودر یونجه، انواع قارچها و مخمرهای فاقد هاگ، پودر لوبیا (سویا)، سبوس برنج، (۴-۲ درصد پتاسیم در کمبودهای تجویز شده)، مخمر آبجو، تخمیر خشک شده سبوس گندم، آرد پنبه دانه، آسیاب گندم، پودر نارگیل، پودر شلغم روغنی، پودر بادام و پودر تخم آفتابگردان (۲-۱ درصد پتاسیم در کمبودهای تجویز شده)، نمک (سدیم کلراید ۶۵ درصد کلر) و پتاسیم کلرید (کلر ۴۸ درصد) می‌باشند.

پتاسیم، سدیم و کلر بسرعت بوسیله مجرای روده، پوست، باله و آبشش ماهی‌ها و سخت‌پوستان جذب می‌شود.

### ۵-۳-۶: گوگرد

**نقش بیولوژیک:** نقش بیولوژیک اصلی گوگرد را می‌توان به صورت ذیل خلاصه کرد:

- گوگرد جزء ضروری بسیاری از اسیدهای آمینه (متیونین، سیستین)، ویتامینها (تیامین، بیوتین)، هورمون انسولین و اسکلت خارجی سخت‌پوستان می‌باشد.
- گوگرد مانند سولفات جزء ضروری هپارین و کندروتین، فیبرینوژن و تورین است.

- سیستم‌های آنزیمی متعددی مثل کوانزیم A و گلوکاتایون بستگی به فعالیت آنها بر گروه‌های آزاد سولفیدریل (SH) دارد.

- گوگرد در دفع مسمومیت ترکیبات آروماتیک درون بدن جاندار نقش دارد.

**منابع غذایی و جذب:** منابع غنی غذایی گوگرد شامل: اسیدهای آمینه حاوی گوگرد از جمله آرد ماهی، تخم‌های جوجه و آرد پرنیدرولیز شده (اخیراً شامل سیستین اولیه جدول ۵) می‌باشد. اسیدهای آمینه دارای گوگرد و سولفات‌های غیرآلی کوچک می‌باشد که ماهیها و میگوها در مجرای روده جذب و حل می‌کنند.

#### ۴-۶: عناصر جزئی<sup>۱</sup>

##### ۴-۶-۱: آهن

**نقش بیولوژیک:** عملکرد بیولوژیک اصلی آهن به شرح ذیل می‌باشد:

- آهن جزء ضروری رنگدانه‌های تنفسی هموگلوبین و میوگلوبین است.
  - آهن جزء ضروری سیستم‌های آنزیمی متنوعی از جمله سیتوکرومها، کاتالازها، پرواکسیدازها و آنزیمهای اکسالتین، آلونیداکسیداز و سوکسینیک دی‌هیدروژناز می‌باشد.
  - آهن بعنوان جزئی از آنزیمها و رنگدانه‌های تنفسی درگیر در اکسیداسیون بافتی و برای انتقال اکسیژن و الکترون درون بدن ضروری است.
- منابع غذایی و جذب:** منابع غنی غذایی آهن شامل: پودر خون (۰/۲-۰/۳ درصد آهن)، پودر کتانجک (گیاه دریائی)، پودر نارگیل، پودر گوشت و استخوان، پودر تخم آفتابگردان، تخمیر خشک شده سبوس گندم (۵۰۰-۱۰۰۰ میلیگرم/کیلوگرم)، پودر یونجه، پودر خرچنگ، سرم ماهی، پودر ماهی، پودر گوشت، پودر طیور، پودر تخم کتان، مخمر آبجو، ملاس (شیره قند)، سبوس برنج، شیرخشک بدون لاکتوز و کود مرعی (۲۰۰-۵۰۰ میلیگرم/کیلوگرم) می‌باشد.

<sup>۱</sup> - Microelements

- آهن بسرعت در مجرای روده، باله، آبششها و پوست ماهیها و سخت پوستان جذب می‌شود. دسترسی و جذب رژیمی آهن معمولاً با مقادیر جذب غذای بالای فسفاتها، کلسیم، فیتاتها، مس و روی، کاهش می‌یابد. عموماً منابع معدنی آهن سریعتر از منابع آلی جذب می‌شوند.

یون فرو ( $Fe^{+2}$ ) بیش از یون فریک ( $Fe^{+3}$ ) برای جذب در دسترس می‌باشد. کاهش مواد احیاء کننده نظیر ویتامین‌ها، جذب آهن غیرهم را افزایش می‌دهد.

## ۲-۴-۶: روی

**نقش بیولوژیک:** نقش بیولوژیک عمده روی به طور خلاصه شامل موارد ذیل می‌باشد:  
- روی یکی از ترکیبات تشکیل‌دهنده در بیش از ۸۰ درصد آنزیمهای فلزی است که شامل آنزیم کربنیک آنیدراز (که برای انتقال دی‌اکسیدکربن بوسیله گلبولهای خونی و ترشح HCl در معده مورد نیاز است)، گلوتامیک دی‌هیدروژناز، فسفاتاز قلیایی، پریدین نوکلئوتید دهیدروژناز، الکل دی‌هیدروژناز، سوپراکسیددسیموتاز، کربوکسی پپتیداز لوزالمعده و تریپتوفان (سمولاز<sup>۱</sup>) می‌باشد.

- روی در بسیاری آنزیمها از جمله آرژیناز، اتولاز و چندین پپتیداز و دی‌کربوکسیلاز اگزالاستیک بعنوان کوفاکتور (فعال کننده آنزیم) عمل می‌کند.

- به عنوان یک ترکیب فعال کننده یا کوفاکتور برای بسیاری از سیستمهای آنزیمی، نقش حیاتی در متابولیسم هیدرات کربن، پروتئین و چربی بازی می‌کند. بویژه در سنتز و متابولیسم اسیدنوکلئیک (RNA) و پروتئینها فعال است.

- اگر چه آزمایشی انجام نشده ولی بنظر می‌رسد که روی نقش اصلی را در فعالیت هورمونهای چون انسولین، گلوکاگون، کورتیکوتروپین FSH و LH ایفا می‌کند.

- روی در ترمیم کردن زخمها نقش مثبت دارد.

**منابع غذایی و جذب:** منابع غنی غذایی روی شامل غذای نوزاد سالن تخم گذاری

۱- دسمولاز: آنزیمی که در اضافه کردن یا کم کردن بعضی از گروههای شیمیایی (بطور آزاد) از یک ماده به عنوان کاتالیزور عمل می‌کند.

(روی ۰/۱۵ درصد)، مخمر خشک (قارچ مخمر مانند)، محلولهای ماهی آبیگری شده، تفاله خشک حبوبات با محلولها، کود خشک ماکیان (۵۰۰-۲۰۰ میلیگرم/کیلوگرم)، آرد ماهی، آرد گلوتن گندم، آرد محصولات فرعی ماکیان، سبوس گندم، کودهای دامی دهیدرات، نیمدانه گندم، آرد خرچنگ، آرد دانه آفتابگردان، مخمر خشک تورولا (۲۰۰-۱۰۰ میلیگرم/کیلوگرم) می باشد.

روی به آسانی از ناحیه روده‌ای-معدده، آبششها، باله‌ها و پوست ماهی و سخت‌پوستان جذب می‌شود. روی قابل دسترس و قابل جذب رژیم غذایی در حضور فیتاترها بوده و ورود مقادیر بالای کلسیم، فسفر و مس در رژیم غذایی را کاهش می‌دهد.

### ۳-۴-۶: منگنز

**نقش بیولوژیک:** نقش اصلی بیولوژیک منگنز به صورت ذیل خلاصه می‌شود:

- منگنز در بدن برای آنزیمهایی که در حمل و نقل گروه فسفات نقش دارند (یعنی فسفات ترانسفراز و فسفات هیدروژناز) به مثابه فعال‌کننده آنزیم عمل می‌کند بخصوص آنهایی که مرتبط با چرخه اسیدسیتریک هستند که شامل آرژیناز، فسفاتاز قلیایی و هگزوکیناز می‌باشند.

- منگنز یک ترکیب اساسی آنزیم پیرووات دبوکسیلاز است.

- به مثابه یک فاکتور یا جزء ترکیبی چندین سیستم آنزیم کلیدی می‌باشد. منگنز برای تشکیل استخوان (سنتز موکوپلی ساکارید)، سلولهای گلبول قرمز و متابولیسم هیدرات کربن چرخه تولیدی مجدد ضروری می‌باشد.

**منابع غذایی و جذب:** منابع غنی غذایی منگنز شامل آرد کلپ (کتانجک گیاه دریائی) (منگنز ۰/۱ درصد)، سبوس برنج، کود ماکیان آبیگری شده، آرد مغز نخل خرما، آرد خرچنگ، سبوس گندم، آرد جنین گندم، گندم آسیاب شده میانه گندم (۳۰۰-۱۰۰ میلیگرم/کیلوگرم)، کود دامی آبیگری شده، محلول خشک عصاره‌کشی غله، دانه گندم سیاه، شیره نیشکر آبیگری شده، محلولهای ماهی آبیگری شده، آرد مغز نارگیل



(۱۰۰-۵۰ میلیگرم / کیلوگرم)، گندم، آرد شلغم روغنی، آرد بذر کنجد، آرد بزرک، دانه‌های خشک مخمر و آرد بزرگلرنگ و آرد میگو، جو دوسر (۵۰-۳ میلیگرم / کیلوگرم) می‌باشد.

منگنز به آسانی از ناحیه روده‌ای- معده، آبششها، باله‌ها و پوست ماهی و سخت‌پوست جذب می‌گردد. قابلیت جذب و دسترسی منگنز در حضور فیتازها و مقادیر بالای ورود کلسیم در رژیم غذایی کاهش می‌یابد.

#### ۴-۴-۶: مس

**نقش بیولوژیک:** نقش اصلی بیولوژیک مس به شرح ذیل خلاصه می‌شود:

- مس از ترکیبات ضروری سیستمهای آنزیمی متعدد اکسیداسیون - احیاء می‌باشد. برای مثال، مس یک جزء آنزیمهای سیتوکروم اکسیداز، یوریکاز، تیروزیناز، سوپراکسیددسیموتاز، آمین اکسیداز، لیزیل اکسیداز و کائرولوپلاسمین است.

- به مثابه یک جزء ترکیبی آنزیم کائرولوپلاسمین (فروکسیداز) است و کاملاً در متابولیسم آهن شرکت دارد. بنابراین، برای سنتز هموگلوبین، ساخت و نگهداری گلبولهای قرمز لازم است.

- همچنین اعتقاد بر این است که مس برای تشکیل پیگمان ملانین و بترتیب برای رنگ پوست، تشکیل استخوان، بافت پیوندی و برای نگهداری پوشش میلین تارهای عصبی لازم است.

**منابع جذب و رژیم غذایی:** منابع غنی غذایی مس شامل محلولهای ماهی تغلیظ شده، محلولهای خشک عصاره‌مکشی غلات، شیره نیشکر آبگیری شده (۱۰۰-۷۵ میلیگرم / کیلوگرم) تفاله حبوبات عصاره‌کشی، محلولها و کودهای ماکیان آبگیری شده (۷۰-۵۰ میلیگرم / کیلوگرم) و مخمر خشک آجو، آرد خرچنگ، آرد گلوتن گندم، آرد دانه بزرک، آرد دانه سویا، تفاله مخمر خشک، گندم آسیاب شده، ارزن، پودر دانه کتان، میانه گندم، آرد مغز نارگیل (۵۰-۲۰ میلیگرم / کیلوگرم) می‌باشد.

مس به آسانی از مجرای روده - معده و آبششها، باله‌ها و پوست ماهی و خرچنگ جذب می‌شود. رژیم غذایی قابل دسترسی و قابل جذب در حضور فیتاتزها و مقادیر بالای روی، آهن، مولیبدینیوم، کادمیم، سولفات‌های غیرآلی و کربنات کلسیم وارد شده در رژیم غذایی کاهش می‌یابد.

#### ۵-۴-۶: کبالت

**نقش بیولوژیک:** نقش اصلی بیولوژیک کبالت ممکن است بصورت ذیل خلاصه شود:  
 - کبالت یک جزء کامل سیانوکوبالامین (ویتامین B<sub>۱۲</sub>) است و برای ساخت گلبولهای قرمز خون و نگهداری بافت عصبی ضروری می‌باشد.  
 - اگر چه ثابت نشده است، کبالت همچنین ممکن است به مثابه یک عامل فعال کننده برای انواع سیستمهای آنزیمی عمل نماید.  
**منابع رژیم غذایی و جذب:** منابع غنی غذایی کبالت شامل آرد مغز نارگیل (کبالت ۲۲ میلیگرم/کیلوگرم)، آرد کتان، مخمر خشک آبجو، آرد ماهی، آرد گوشت، آرد بذرکتان و آرد دانه سویا (۰/۱-۰/۵ میلیگرم/کیلوگرم) باشد.  
 کبالت به آسانی از مجرای روده - معده و محیط آبی اطراف توسط ماهی و خرچنگ جذب می‌شود. کبالت قابل جذب و قابل دسترس مواد غذایی، در حضور مقادیر بالای ید وارد شده در رژیم غذایی کاهش می‌یابد.

#### ۶-۴-۶: ید

**نقش بیولوژیک:** ید ترکیب اصلی در هورمونهای تیروئید و تیروکسین و تری-یدو-تیرونین است و به مثابه عامل ضروری برای تنظیم سرعت سوخت و ساز تمام فرآیندهای بدن می‌باشد.  
**منابع رژیم غذایی و جذب:** منابع غنی غذایی ید شامل تمام مواد غذایی با منشاء دریایی بخصوص آرد جلبک دریایی (که ممکن است حاوی بیش از ۰/۶ درصد ید باشد)، ماهی دریا و آرد سخت‌پوستان باشد. ید به آسانی از مجرای روده - معده و

محیط آبی اطراف توسط ماهی و خرچنگ جذب می‌شود. قابلیت جذب و دسترسی رژیم غذایی در حضور مقادیر بالای کبالت وارد شده در رژیم غذایی، کاهش می‌یابد.

#### ۷-۴-۶: سلنیوم

**نقش بیولوژیک:** سلنیوم جزء اساسی آنزیم گلوتاتیون پيرواکسیداز است و مانند باتوکوفرولها و ویتامین E، در محافظت بافت‌های سلولی و غشاهای سلول در مقابل آسیب‌های ناشی از اکسیده شدن بکار می‌رود. همچنین بنظر می‌رسد که سلنیوم در بیوسنتز یوبیکینون (کوانزیم Q که در انتقال الکترونی سلول دخالت دارد) نقش داشته باشد و در جذب و نگهداری ویتامین E هم موثر باشد.

**منابع غذایی و جذب:** منابع غذایی غنی از سلنیوم شامل محلول‌های ماهی دهیدراته، آرد ماهی (۲-۵ میلی‌گرم/کیلوگرم)، مخمر خشک آبجوسازی، آرد گلوتن گندم، مخمر خشک شده تورولا، آرد شلغم سفت، آرد بذرکتان (۱-۲ میلی‌گرم/کیلوگرم)، دانه‌های خشک از مخمر آبجوسازی، سبوس گندم، زبره آرد گندم، آرد یونجه، آرد پرهیدرولیز شده، آرد محصولات جانبی ماکیان، آرد گوشت و یونجه (۰/۵-۱ میلی‌گرم/کیلوگرم) می‌باشد. سلنیوم براحتی در ناحیه روده‌ای دستگاه گوارش و در محیط آبی اطراف توسط ماهی و سخت‌پوستان جذب می‌گردد.

#### ۸-۴-۶: کروم

**نقش بیولوژیک:** کروم سه ظرفیتی از اجزاء مکمل فاکتور تحمل گلوکز است (منظور از GTF ترکیبی با وزن مولکولی کم بوده و کروم سه ظرفیتی هماهنگ دو مولکول اسیدنیکوتینیک با اثر هماهنگ حفاظتی توسط اسیدهای آمینه می‌باشد) و به عنوان یک کوفاکتور برای هورمون انسولین عمل می‌کند. علاوه بر نقش حیاتی آن در متابولیسم هیدرات کربن (نظیر تحمل‌پذیری گلوکز و سنتز گلیکوژن)، گمان می‌رود کروم سه ظرفیتی نقش مهمی در متابولیسم اسید آمینه و کلسترول داشته باشد.

**منابع غذایی و جذب:** منابع غذایی غنی از کروم سه ظرفیتی شامل خوراک لارو حلزون (۱۵ میلیگرم/ کیلوگرم) آرد میگو، آرتمیاسالینا، مخمر خشک آجوسازی، حلزون صدفدار، کبد، آرد محصولات جانبی ماکیان و آرد ماهی (۵-۱ میلیگرم/ کیلوگرم وزن خشک) می‌باشد. کروم سه ظرفیتی نیز براحتی در ناحیه روده‌ای دستگاه گوارش و در محیط آبی اطراف توسط ماهی و سخت‌پوستان جذب می‌شود.

#### ۵-۶: نیازمندیهای مواد معدنی در رژیم غذایی

در مورد نیاز به مواد معدنی رژیم غذایی در ماهی و میگو اطلاعات کمی در دسترس است که این ناشی از پیچیدگی است که به دلیل قدرت موجودات آبی در جذب مواد معدنی از آب اطراف خود علاوه بر جذب آن از غذای مصرف شده به دلیل واکنش متفاوت آنها در تنظیم فشاراسمزی و غلظت نمکی می‌باشد. برای مثال، از آنجائیکه ماهیان و میگوی دریایی در یک محیط هیپرتونیک زندگی می‌کنند (نظیر محیطی که شامل مقدار زیادی نمک است)، آنها آبیگری را بواسطه کاهش عبور آب از خلال آبششها تحمل می‌نمایند. برای جبران این کمبود، ماهیان دریایی مجبورند به طور مداوم مقادیر کمی از آب را بنوشند. مقدار نمک اضافی موجود در آب دریایی وارد شده به روده، از ناحیه آبششها به بیرون پمپ می‌شود (Cowey & Sargent, 1979). بطور کلی، گزارش شده که ماهیان دریایی تا بیش از ۵۰ درصد وزن بدنشان آب می‌نوشند. این نوشیدن آب بخش مهمی از نیاز مواد معدنی آنها را تأمین می‌کند (NRC, 1983). همراه با جذب مستقیم مواد معدنی بوسیله آبششها، باله‌ها و پوست، شاید تعجب‌آور نباشد که ماهیان دریایی نظیر ماهی سیم دریای سرخ (*C. major*) هنگامیکه با رژیم غذایی خالص تغذیه شده‌اند گرایش مثبت تغذیه‌ای به فسفر، پتاسیم و آهن دارند. نیازهای غذایی برای بقای مواد معدنی اساس فیزیولوژیک ظاهراً از طریق جذب مستقیم و نوشیدن برطرف می‌شود (Yone, Toshima, 1979). این وضعیت در مورد ماهیان آب شیرین و میگوها برعکس می‌باشد. بنابراین، این جانوران آب نمی‌نوشند یا خیلی کم می‌نوشند و

مجبورند برای جبران دفع نمک از سیستم ادراری، بصورت فعال نمک را از محیط اطراف به درون آبششها و پلاسما پمپ نمایند. بنابراین، میگوها و ماهیهای آب شیرین نسبت به میگوها و ماهیان دریایی، به رژیم غذایی دارای مواد معدنی تمایل بیشتری دارند (Cowey, Sargent, 1979).

با توجه به موارد فوق، نیاز یک گونه ماهی یا میگو به یک عنصر خاص بستگی به مقدار غلظت عنصر در محیط آبی دارد. در حال حاضر، اطلاعات کمی درباره دخالت عناصر موجود در آب در موازنه کلی مواد معدنی در بدن میگو و ماهی در دسترس است (Tacon, Knox, Cowey, 1984).

نیاز به مواد معدنی در رژیم غذایی معمولاً از تغذیه موجود با سطوح غذایی مدرج در رژیم غذایی خالص یا نیمه خالص مشخص می‌شود: چنانچه نیاز رژیم غذایی در نقطه شکست (تلاقی نمودار) بر مبنای رشد یعنی کارآیی غذا یا سطح شاخصهای آنزیمی بافتی مشاهده شود (برای مرور مطالب به، Cowey, Sargent, 1972; Cho, Cowey, Watanabe, 1985; Kanazawa, 1983; Lall, 1979; Nose, Arai, 1979; NRC, 1983; Robinson, Wilson, 1985 رجوع کنید). همچنان که در مورد ویتامینها بخش عمده مطالعات در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی صورت گرفته، بنابراین در مورد نیازمندی به مواد معدنی در رژیم غذای ماهی یا میگو در شرایط عملی پرورش متمرکز یا نیمه متمرکز با مصرف رژیم غذایی کاربردی اطلاعات کمی بدست آمده است. به رغم این محدودیتها، نیازمندیهای معدنی شناخته شده رژیم غذایی گونه‌های اصلی آبزی‌پروری در جدول ۱۲ خلاصه شده است.













---

۶-۶: آسیب‌شناسی معدنی

۱-۶-۶: کمبود عناصر معدنی

علائم تشریحی ذیل در ماهیهای جوان یا میگوها ایجاد می‌شود که بطور آزمایشی با یک رژیم غذایی فاقد یک یا چند عنصر ضروری تغذیه شده‌اند.

به رغم حضور کافی عناصر اصلی و عناصر جزئی در مقام اجزاء مورد استفاده برای تغذیه ماهیان (Tacon, De Silva, 1983) و قابلیت ماهی و میگو در جذب عناصر کمیاب معین از آبهای اطراف، کمبود عناصر معدنی ممکن است از طریق ذیل در شرایط پرورش متراکم ایجاد شود:

- فقدان عناصر معدنی کمیاب یا عناصر اصلی ویژه در جیره غذایی از پیش مخلوط شده (برای جزئیات بیشتر فرمول سازی عناصر معدنی ویژه از پیش مخلوط شده به مقاله NRC, 1983 رجوع کنید).

- کاهش قابلیت دسترسی زیستی مواد معدنی از طریق نابرابری رژیم غذایی. قابلیت دسترسی و مصرف عناصر کمیاب رژیم غذایی در ماهیان و میگوها بستگی به منبع رژیم غذایی و شکل عناصر جذبی، کفایت نخایر در داخل بدن، آثار متقابل بین عناصر و سایر عناصر معدنی موجود در مسیر روده - معده و درون بافتهای بدن (اثر تشدیدکننده) و در نهایت آثار متقابل بین عناصر و سایر اجزاء رژیم غذایی یا متابولیت‌های آنها (نظیر ویتامین‌ها، فیبر و اسیدفیتیک) دارد. برای مثال، جدول ۱۳ توانایی نسبی یا کارآیی ظاهری جذب اشکال مختلف یا منابع رژیم غذایی فسفر را برای سه گونه ماهی نشان می‌دهد.



برای گونه‌های معینی از ماهیان، قابلیت دسترسی و جذب فسفر و سایر عناصر مهم (نظیر کلسیم) از آرد ماهی و آرد استخوان و گوشت بر اثر فقدان ترشحات اسیدی معده که برای قابلیت نرمال حل شدن استخوان لازم و ضروری است، پیچیدگی بیشتری می‌یابد. بنابراین، برای گونه‌های ماهیان بدون معده، نمکهای تک بازی غیرآلی قابل حل یا نمکهای آلی زیستی قابل دسترس، بایستی در رژیم غذایی فراهم گردد. اما در پروتئین‌های گیاهی، بخش اعظم فسفر به صورت فیتاتهای آلی حضور دارد. عقیده بر این است که نه تنها فسفر اسیدفیتیک به مقدار زیادی از نظر زیست‌شناسی غیرقابل دسترس است بلکه اسیدفیتیک توانایی تشکیل کیلات را با سایر فلزات کمیاب (آهن، مس، روی، کبالت و مولیبدیوم) دارد و با انجام این عمل ممکن است از نظر بیولوژیک موجب عمل هضم گردند (Spinelli, 1980; Robinson, Wilson, 1985).

تحت شرایط عملی پرورش، علائم کمبود مواد معدنی اغلب بر اثر رژیم غذایی نامتوازن کلسیم می‌باشد که این علائم ناشی از اثر آنتاگونیستی کلسیم اضافی رژیم غذایی بر جذب فسفر (Nakamura, 1982) و عناصر کمیاب روی، آهن و منگنز می‌باشد (Lall, 1979). برای مثال، مشخص شده است که قابلیت دسترسی زیستی فلز روی و در مرتبه بعدی منگنز در پودر ماهی سفید رنگ کمتر از پودر ماهی قهوه‌ای رنگ می‌باشد (که محتوی مقدار کمتری خاکستر و کلسیم است) (Ketola, 1978; Watanbe, Takeuchi, Ogino, 1980).

## ۲-۶-۶: سمیت عناصر معدنی

یکی از مخاطراتی که ممکن است در ارتباط با استفاده از ترکیبات غذایی ایجاد شود، حضور بالقوه عناصر معدنی سمی نظیر اندوخته شدن عناصر مس، سرب،

کادمیوم، جیوه، آرسنیک، فلورین، سلنیوم، مولیبدین و وانادیوم می‌باشد. برای مثال، آلودگی مس ممکن است از محصولاتی بوجود آید که در داخل لوله‌ها یا ظروف مسی تخمیر می‌گردد (نظیر محصولات فرعی آبجوسازی) یا از فضولات مرغها و خوک ایجاد شده باشد که از محرکهای رشد حاوی مس یا ضدقارچ استفاده می‌کنند. سایر اجزاء غذایی که بطور بالقوه ممکن است حاوی آلودگی سمی فلزی باشد عبارتند از کودهای مرغی (آرسنیک)، ضایعات تفاله کاغذ (سرب)، پودر ماهی (جیوه، سلنیوم، آرسنیک، کادمیوم، سرب)، آردهای تولیدات فرعی مرغی و روی)، صدفها (روی)، گیاهان جمع‌کننده سلنیوم از جنس آستراگالوس و ماکارانترا یا غلاتی که در زمینهای حاوی سلنیوم رشد یافته است (سلنیوم) و کریلهای قطب جنوب (فلورین). علائم سمیت رژیم غذایی که در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی در ماهی و میگو گزارش شده است در جدول ذیل خلاصه شده است:

عناصر	گونه‌ها	علامت سمیت <sup>(۱)</sup>
روی	کپور معمولی ( <i>C. carpio</i> )	کاهش رشد (سطح رژیم غذایی بالاتر از ۳۰۰ میلی‌گرم / کیلوگرم روی -۱۰)
مس <sup>(۲)</sup>	گره ماهی کانال ( <i>I. punctatus</i> )	کاهش رشد، کارایی تغذیه و هماتوکریت (سطح غذایی بالاتر از ۱۵ میلی‌گرم / کیلوگرم ۲)
سلنیوم	فزل‌آلای رنگین‌کمان ( <i>S. gairdneri</i> )	کاهش رشد و کارایی تغذیه، مرگ و میر بالا (سطح تغذیه‌ای بالای ۱۳ میلی‌گرم / کیلوگرم -۳ و ۴)، نفروکالسینوزیر (۴ و ۵)
سلنیوم	گره ماهی کانال ( <i>I. punctatus</i> )	کاهش رشد (سطح رژیم غذایی بالای ۱۵ میلی‌گرم / کیلوگرم)
کادمیوم	فزل‌آلای رنگین‌کمان ( <i>S. gairdneri</i> )	اسکولیوسیس و فعالیت بیش از حد (۷-۱۰)
سرب	فزل‌آلای رنگین‌کمان ( <i>S. gairdneri</i> )	سخت شدن بافتها اسکولیوسیس، سیاه شدن دم، کم‌خونی، دژنره شدن باله (۱)
کرم	فزل‌آلای رنگین‌کمان ( <i>S. gairdneri</i> )	کاهش رشد و کارایی غذا (۱۲)
آهن	میگو ژاپنی ( <i>P. japonicus</i> )	کاهش رشد (سطوح غذا بالای ۱۴ درصد -۱۳)

1- Jeng and Sun (1981); 2- Murai, Andrews & Smith (1981); 3- Hilton, Hodson & Slinger (1980); 4- Hicks, Hilton & Ferguson (1984); 5- Hilton & Hodson (1983); 6- Gatlin & Wilson (1984a); 7- Koyama & Itazawa (1977); 8- Koyama & Itazawa (1977a); 9- Koyama & Itazawa

(1979); 10- Roch & maly (1979); 11- Johansson-Sjbeck & Larsson (1979); 12- Tacon & Beveridge (1982); 13- Kanazawa, Teshima & Sasaki (1984).

۲) آزمایشهای اخیر بر گربه ماهی کانال نتوانست اثر زیان آوری ۴۰ میلیگرم مکمل مس در ۱ کیلوگرم رژیم غذایی را بر رشد، کارایی غذا یا ترکیب شیمیایی خون نشان دهد (Gatlin, Wilson, 1986a). همچنین فقدان سمیت مس در رژیم غذایی قزل آلاي رنگین کمان با ۱۵۰ میلیگرم مس مکمل یا ۵۰۰ میلیگرم کل مس رژیم غذایی گزارش شده است (Knox, Cowey, Adron, 1982, 1984).

## فصل هفتم

### مواد مغذی ضروری - انرژی

#### ۷-۱: انرژی و کار

انرژی را قابلیت یا ظرفیت انجام کار می‌دانند و توسط جانداران با کاتابولیسم هیدرات کربن، لیپیدها و پروتئین‌ها درون بدن مشتق می‌شود. اگر چه اشکال بسیاری از انرژی موجود در طبیعت (انرژی تشعشعی، شیمیایی و ...) قابلیت انجام کار شیمیایی، مکانیکی و الکتریکی را دارند، بنابراین، انرژی برای حفظ فرآیندهای حیاتی چون متابولیسم سلول، رشد، تولیدمثل و فعالیت فیزیکی ضروری است. بویژه زندگی روی زمین وابسته به انرژی تشعشعی خورشید، تثبیت و تبدیلهای بعدی آن است که توسط گیاهان سبز طی فرآیند فتوسنتز، به انرژی شیمیایی ذخیره شده است (یعنی هیدراتهای کربن)، بعنوان منبع انرژی طی فرآیند تنفس توسط خود گیاهان یا جانداران مصرف می‌شود. برای مثال، هنگامی که حیوان طی فرآیند تنفس، انرژی ذخیره شده گلوکز را آزاد می‌کند تقریباً  $\frac{2}{3}$  آن که تبدیل به انرژی مکانیکی می‌شود (فعالیت یا رشد)، مورد استفاده قرار می‌گیرد و  $\frac{1}{3}$  آن بصورت گرما خارج می‌شود یا هدر می‌رود.



**۷-۲: قانونهای ترمودینامیک**

همه شکل‌های انرژی، قابل تبدیل بهم هستند و از قانونهای ترمودینامیک پیروی می‌کنند. قانون اول ترمودینامیک می‌گوید که انرژی ممکن است از شکلی به شکل دیگر تبدیل شود ولی نمی‌تواند خلق شود و از بین برود. برای مثال، انرژی خورشیدی ممکن است به شکل انرژی غذایی، گیاهی یا انرژی شیمیایی تبدیل شود. طی این تغییر، انرژی هدر نمی‌رود و گم نمی‌شود. قانون دوم ترمودینامیک می‌گوید هیچ تبدیل شکلی در انرژی رخ نمی‌دهد مگر آنکه انرژی از یک شکل متمرکز به شکل کم تمرکز یا پراکنده‌تر تغییر (سطح) یابد و نیز هیچ تغییر شکلی (از انرژی) کارآیی ۱۰۰ درصد ندارد. تمامی سیستم‌های بیولوژیک، هنگام تبدیل انرژی خورشیدی (یک انرژی شکل بالا) به انرژی شیمیایی طی فرآیند فتوسنتز، از این قانون تبعیت می‌کنند. مقداری انرژی که از شکل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود، بصورت انرژی گرمائی به محیط اطراف پراکنده می‌شود و به هدر می‌رود.

**۷-۳: واحدهای انرژی**

از آنجائیکه همه اشکال انرژی قابل تبدیل به انرژی گرمائی هستند، انرژی معمولاً براساس واحدهای گرمایی بیان می‌شود، واحد گرمائی اصلی که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد اصطلاح "کالری" است، یک کالری بعنوان مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش حرارت یک گرم آب، به اندازه یک درجه سانتیگراد تعریف می‌شود. از آنجائیکه کالری (cal) برای بسیاری از مقاصد (اندازه‌گیری) واحد بسیار کوچکی است، معمولاً واحد کیلوکالری (Kcal) بکار می‌رود. یک کیلوکالری معادل ۱۰۰۰ کالری است. در بسیاری از مطالعات علمی، واحد ژول (J) را به جای کالری بکار می‌برند ( $1\text{cal} = 4/184\text{J}$ ).

**۷-۴: منابع انرژی رژیم غذایی**

در ادامه مقدمه فوق، چنین بر می آید که مواد غذایی اصلی (هیدراتهای کربن، پروتئین‌ها و چربی‌ها) مورد نیاز حیوانات هستند که نه تنها بعنوان مواد اساسی برای تولید بافتهای سازنده بلکه بعنوان منابع انرژی شیمیایی ذخیره شده و برای سوزاندن آنها و انجام کار مورد نیاز می‌باشند. بنابراین، توانائی غذا، برای تولید انرژی اهمیت زیادی در تعیین ارزش غذایی آنها برای حیوانات دارد.

انرژی شیمیایی غذا را می‌توان در واحدهای گرمائی، با استفاده از یک بمب کالریتر اندازه گرفت که در آن مقدار معینی از غذا قرار می‌دهند. غذا را در یک ظرف فلزی قرار داده و با اکسیده کردن آن کربن، آب، خاکستر، نیتروژن و گازهای دیگر و انرژی گرمائی خارج شده (آزاد شده)، اندازه‌گیری می‌شود. بمب کالریتر ابتدایی با استفاده از وزن دانسته از یک استاندارد ترموشیمیایی نظیر بنزوئیک اسید (اسیدبنزوئیک مقدار کل انرژی حرارتی ۲۶/۴۵ کیلوژول/گرم دارد) عمل می‌گردد. کمیت حرارت بدست آمده از این اکسیداسیون به مثابه حرارت احتراق و مقادیر گرمائزائی یا مقدار انرژی عمده غذا یا ماده مطرح بود. با استفاده از این تکنیک مقدار انرژی عمده اصلی هیدرات کربن، لیپید و پروتئین به ترتیب مقدار ۴/۱ کیلوکالری/گرم (۱۷/۲ کیلوژول/گرم)، ۹/۵ کیلوکالری/گرم (۳۹/۸ کیلوژول/گرم) و ۵/۶ کیلوکالری/گرم (۲۳/۴ کیلوژول/گرم) برآورد شده است (Cho, Slinger, Bayley, 1982).

نظر به مقادیر بالاتر انرژی لیپید مواد غذایی، نتیجه می‌شود که کل مقدار انرژی منابع غذایی منفرد بستگی به سهم نسبی مواد غذایی اصلی و آب موجود دارد. برای مثال، جدول ۱۴ مقادیر انرژی عمده اجزاء غذایی عمومی ماهی و میگو را نشان می‌دهد.

جدول ۱۴ - مقدار انرژی اصلی اجزاء غذایی منتخب<sup>(۱)</sup>

جزء غذایی	مقدار انرژی اصلی (گرم / کیلوژول)
کشک آبگیری شده	۱۴/۳
میانه گندم	۱۶/۵
غله زرد	۱۷/۰

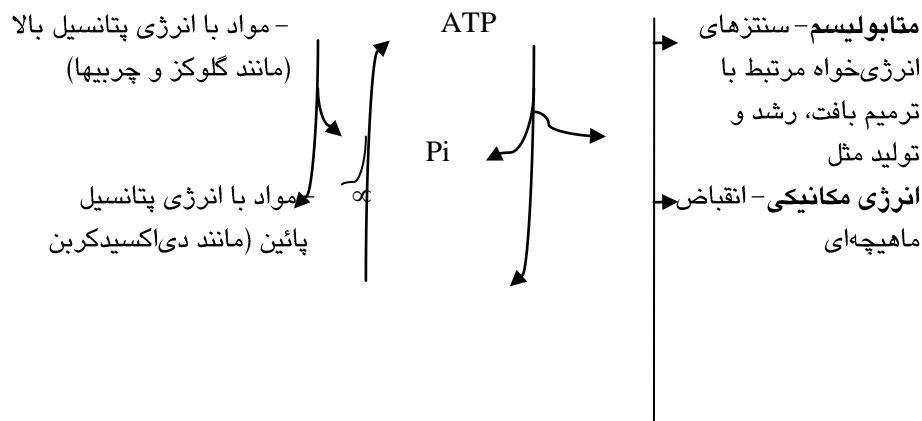
۱۷/۶	آرد گوشت و استخوان
۱۸/۱	آرد شلغم روغنی
۱۹/۶	آرد محصولات فرعی ماکیان
۲۰/۷	آرد ماهی، شاه ماهی
۲۱/۸	آرد خون
۲۲/۳	آرد سویا پر چرب

۱- منبع: Cho, slinger, Bayley (1982)

### ۵-۷: سوخت و ساز انرژی

سوخت و ساز انرژی مرتبط با سوخت مواد غذایی و اکسیداسیون هیدراتهای کربن، چربی و پروتئین در بدن حیوان و نتیجه آزاد شدن و استفاده انرژی آزاد شده به مثابه کار برای نگهداری فرآیند حیات می‌باشد. توالی رویدادهای بیوشیمیایی که منتهی به آزاد شدن و مصرف انرژی مواد غذایی می‌گردد، بخوبی شناخته شده و برای تمام حیوانات پرورشی عمومی می‌باشد. برای اطلاعات جزئی در این زمینه، خواننده بایستی به هر متن استاندارد برای بیوشیمی سلولی مراجعه نماید. شایان ذکر است که انرژی آزاد شده از سوخت مواد غذایی و اکسیداسیون مواد مغذی اصلی بطور مستقیم بوسیله حیوان به مصرف نمی‌رسد، اما در فرم شیمیایی پیوندهای فسفوری غنی از انرژی آدنوزین تری فسفات ATP به دام می‌افتند. آدنوزین تری فسفات مسئول انتقال نیرو در فرآیندهای بیوشیمیایی حیات است که در این فرآیندها انرژی مورد نیاز می‌باشد. برای مثال، انرژی انقباض ماهیچه با شکستن ATP به آدنوزین دی فسفات (ADP) و فسفات غیرآلی فراهم می‌گردد. نقش مرکزی ATP در مباحث انرژی و نیرو سلولی در شکل ۵ نشان داده شده است.

سوخت و ساز انرژی در ماهی و میگو از دو جنبه مهم از حیوانات پرورشی خاکی متفاوت می‌باشد. در ابتدا در مقابل حیوانات خونگرم، ماهی و میگو آبزیان خونسرد هستند و بنابراین انرژی را برای حفظ دمای بدن بالاتر از حد ۳۷ درجه سانتیگراد مصرف نمی‌کنند.



ADP	و آب)	انرژی الکتریکی - انتقال → عصبی
		انرژی برای انتقال مواد → در برابر تمرکز تحرک

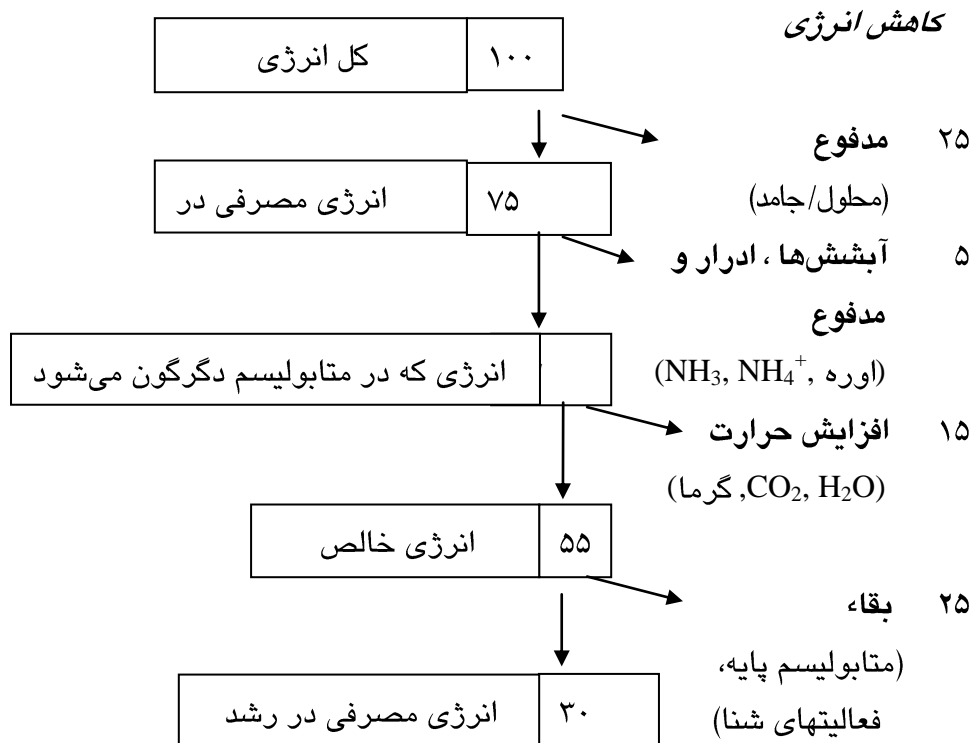
#### شکل ۵: نقش مرکزی ATP در مباحث انرژی و نیروی سلولی

بنابراین، ماهی و میگو نیازمندیهای ابقاء انرژی کمتری نسبت به حیوانات پرورشی و خشکی دارند (Cho, Kaushik, 1985). برای مثال، نیازمندی ابقاء انرژی بر واحد وزن بدن جوجه حدود ۵ مرتبه بیشتر از کپور معمولی در حال رشد در ۲۳ درجه سانتیگراد می‌باشد (Nijkamp, van Es, Huisman, 1974). در ثانی، ماهی و میگو قادرند ۲۰-۱۰ درصد انرژی بیشتری نسبت به سوخت مواد غذایی پروتئینها، نسبت به حیوانات پرورشی خشکی فراهم نمایند. همانطور که آنها نمی‌توانند آمونیاک (محصول نهائی سوخت پروتئین) را به مواد با سمیت کمتر (اوره یا اسیداوریک) قبل از دفع تبدیل کنند (Brett, Groves, 1979). برای مثال، در آزادماهیان ۸۵ درصد و ۱۵ درصد کاهش نیتروژن ادراری یا دستگاه تنفسی در شکل آمونیاک و اوره بترتیب گزارش شده است (Luquet, 1982). بنابراین، دفع مواد زاید نیتروژنی انرژی کمتری در این حیوانات آبی نیاز دارد و نموداری که موازنه نیتروژن را در ماهی نمایش می‌دهد در شکل ۶ آمده است.

شکل ۶: نظر عمومی به موازنه نیتروژن در ماهی (after Luquet, 1982)

## ۶-۷: تعادل انرژی و نیازمندی رژیم غذایی

یک نمایش شماتیک از سرنوشت انرژی رژیم غذایی در آزادماهی در شکل ۷ نشان داده شده است. از موازنه انرژی ارائه شده آشکار است که فقط یک بخش از کل انرژی شیمیایی محتوی مواد غذایی بلعیده شده برای نگهداری و فعالیت و رشد در دسترس حیوان قرار می‌گیرد (انرژی خالص)، ۴۵ درصد انرژی مواد غذایی بلعیده شده به صورت مواد هضم نشده (مدفوع)، دفع مواد سوختی و حرارت تلف می‌شود.



## شکل ۷: مصرف انرژی رژیم غذایی در آزاد ماهیان (after Luquet, 1982)

اما انرژی تلف شده با هم متفاوتند که بستگی به ترکیب و میزان هضم ذرات غذایی مصرف شده، رژیم غذایی، دمای آب، اندازه ماهی و وضعیت فیزیولوژیک حیوان دارد. از آنجائیکه تمام سیستم بیولوژیک از قوانین ترمودینامیک تبعیت می‌کنند، معادله موازنه انرژی طبق فرمول ذیل نمایش داده می‌شود:

$$C = P + R + U + F$$

کد «C» (برای مصرف) کل محتوای انرژی مواد غذایی مصرف شده می‌باشد، «P» انرژی مفید در مواد رشدی می‌باشد (محصولات)، «R» انرژی خالص هدر رفته بصورت گرماسست (R شامل تنفس نیز می‌شود)، «U» (انرژی هدر رفته در ادرار) انرژی که در محصولات نیتروژن دفعی هدر می‌رود و «F» انرژی هدر رفته در مدفوع است (Brafield, 1985). این شیوه فرمول از سوی Grover (1979) و Brett بکار برده شده که یک فرمول کلی را برای تأمین انرژی ماهیان گوشتخوار جوان ماهیان و گیاهان می‌باشد که بصورت طبیعی غذایی می‌شوند.

$$100C = 29P + 44R + 7U + 20F \quad \text{گوشتخواران}$$

$$100C = 20P + 37R + 2U + 41F \quad \text{گیاهخواران}$$

فرمولهای فوق نشاندهنده درصد انرژی مصرفی مواد غذایی بلعیده شده است. برای شرح بیشتر گزارش این تقسیم انرژی، خوانندگان باید به گزارشهای Cho & Kaushik (1985), Brafield (1985), Soofiani & Hawkins (1985), Knights (1985) مراجعه کنند.

از توضیحات فوق بدیهی است که انرژی مورد نیاز برای بقاء و فعالیتهای شنای ارادی باید قبل از انرژی ای تامین گردد که برای رشد استفاده می‌شود. واضح است که ماهی هم مانند حیوانات دیگر در ابتدا غذا می‌خورد تا انرژی مورد نیازش را تأمین نماید (Cho, Kaushik, 1985). بنابراین، این مطلب ضروری است که ماهیها، مقادیر نامحدود غذا را دریافت نموده یا به نسبت کافی از دانسته انرژی را در اختیار داشته

باشد تا تمام نیازمندیهای انرژی خود را برطرف نمایند. تهیه یک سطح مطلوب انرژی در رژیم غذایی برای میگو یا ماهی مهم می‌باشد، برای اینکه اضافه یا کمبودی در انرژی مفید می‌تواند موجب کاهش سرعت رشد شود (NRC, 1983). برای مثال، افزایش انرژی مربوط به یک رژیم غذایی خاص ممکن است کاهش مقدار جذب مواد مغذی بوسیله ماهی یا چاق شدن بیش از حد آن را در بر داشته باشد، بهر حال نتیجه حاصل از دانسیته پائین انرژی مواد غذایی در حیوانات مصرف بیشتر مواد غذایی برای تهیه انرژی نسبت به مصرف آن برای سنتز بافت به عنوان رشد خواهد بود. (Kobinson, Wilson, 1985).

در حال حاضر، اطلاعات بسیار کمی در مورد نیازمندیهای انرژی مواد غذایی کاربردی در مورد ماهی و میگو وجود دارد. در ابتدا مواجهه با اندازه‌گیری کمی انرژی هدر رفته در معادلات محاسبه‌ای انرژی با مشکلاتی همراه بود (Brafeld, 1985). بهر حال، عوامل مؤثر بر انرژی مورد نیاز ماهیان و میگوهای شامل:

۱) **دمای آب** (سرعت متابولیسم و در نتیجه حفظ انرژی مورد نیاز با افزایش دما: Brett, Groves, 1979).

۲) **اندازه حیوان** (سرعت متابولیسم و در نتیجه حفظ انرژی مورد نیاز، افزایش یا کاهش اندازه بدن حیوان: Brett, groves, 1979).

۳) **وضعیت فیزیولوژیک** (افزایش نیازهای انرژی طی تولید غدد جنسی و محصولات جنبی فعالیت از قبیل مهاجرت برای تخم‌ریزی: Wooton, 1985).

۴) **بالا آمدن سطح آب و مد** (انرژی مورد نیاز برای حفظ موقعیت خود در آب زیاد هنگام مد: Brett, groves, 1979; Knights, 1985).

۵) **وجود نور** (انرژی مورد نیاز برای شروع فعالیت‌های ارادی و کم شدن هنگام شب و در وقت استراحت).

۶) **کیفیت آب و استرسها** (آلوده کننده‌ها، افزایش شوری آب، پائین آمدن میزان اکسیژن محلول در آب، افزایش جمعیت و افزایش حفظ انرژی مورد نیاز: Talbot, 1985; Knights, 1985).





## فصل هشتم

### مواد مغذی ضروری - مواد مغذی ویژه توصیه شده برای تکمیل رژیم غذایی (مکمل غذایی)

#### ۸-۱: مقدمه

در حال حاضر، هیچ اطلاعات یا اطلاعات بسیار کمی درباره مقدار نیازمندی رژیم غذایی برای پرورش نیمه متمرکز ماهی و میگو و نیازمندیهای مواد مغذی برای اولین تغذیه لارو و مولد میگو و ماهی در پرورش متمرکز در دسترس می‌باشد. با وجود این، براساس مبانی آزمایشگاهی تستهای تغذیه‌ای هدایت شده با زمان، تعدادی نتایج عمومی ممکن است ملاحظه شود که سطوح تغذیه‌ای را در رژیم غذایی کاربردی به منظور استفاده در سیستمهای آبزی‌پروری متمرکز آب تمیز توصیه می‌نمایند (سیستمهای پرورشی آبزیان مانند تانکهای سیمانی یا جوی آب و قفسهای شناور در آبهای باز شفاف). در حال حاضر، پیشنهاد مواد مغذی برای تغذیه به منظور استفاده در سیستم پرورش آبزیان بصورت نیمه متمرکز از استخرهای خاکی ممکن نیست. نیازمندی تغذیه‌ای میگو و ماهی در این شرایط پرورش وابسته به گونه‌های آبزیان، دانسیته ذخیره آبزیان، حاصلخیزی آب و توانایی غذای طبیعی استخر می‌باشد.

#### ۸-۲: ماهی

جدول ۱۵ و ۱۶ سطوح مواد مغذی رژیم غذایی توصیه شده برای گونه‌های ماهی گوشتخوار و همه چیزخوار را بترتیب نشان می‌دهد. بجز منابع چربی رژیم غذایی

---

سطوح مواد مغذی کاربرد مساوی برای گونه‌های ماهی آب شیرین و دریایی را نشان می‌دهد.

### ۳-۸: میگو

جدول ۱۷ و ۱۸ سطوح مواد مغذی رژیم غذایی توصیه شده برای انواع میگو گوشتخوار و همه چیزخوار را نمایش می‌دهد. در فقدان اطلاعات کمی در مورد نیازمندیهای ویتامین و مواد معدنی رژیم غذایی میگو، سطوح رژیم غذایی توصیه شده عموماً براساس نیازمندیهای دانسته ویتامین و مواد معدنی ماهی می‌باشد. بعلاوه تا اطلاعات بیشتری درباره نیازمندیهای تغذیه‌ای رژیم غذایی میگوی آب شیرین در دسترس گردد، سطوح تغذیه‌ای توصیه شده برای میگوی دریایی همه چیزخوار (جدول ۱۸) بایستی در ابتدا به مثابه خط راهنمای آزمایشی برای میگوی آب شیرین قبول گردد.































































