Water Pollutants ملوثات الماء

Nutrients المواد المغذية

تعرف المغذيات بأنها المواد الخام التي يتم هضمها من قبل الكائنات الحية لتعزيز النمو والتطور والتكاثر. وتتباين أنواع المغذيات المطلوبة والكميات التي تستهلك للأنواع النباتية والحيوانية المختلفة. عموما، تشمل المواد المغذية البروتينات والكربوهيدرات والدهون والأملاح غير العضوية والمعادن والمياه. ومع ذلك فإن مصطلح " المغذيات " يطبق بشكل شائع أكثر على عناصر أساسية مثل (النيتروجين والفوسفور).

تحتاج النباتات ما لا يقل عن ستة عشر عنصرا أساسيا للنمو. وهي تستخدم الأوكسجين والكربون والماء من الهواء والتربة. المغذيات الرئيسية Macronutrients الأولية هي النيتروجين N ، والفوسفور P ، والبوتاسيوم K وتشمل المغذيات الثانوية الكالسيوم Ca، المغنيسيوم Mg، والكبريت S ، يتم امتصاص المغذيات الدقيقة Micronutrients بكميات أقل وتشمل الكلوريد Cl والبورون B والحديد Fe والمنغنيز Mn والموليبدينوم Mo والنحاس Cu والزنك Zn . بعض النباتات تحتاج إلى بعض العناصر الأخرى، وغالبا ما تسمى بالعناصر المفيدة، مثل الكوبالت Co والنيكل Ni والسيليكون Si والصوديوم Na والفناديوم V .

Essential Elements for Plant Growth	
Macronutrients	**Micronutrients**
Carbon (C)	Iron (Fe)
Hydrogen (H)	Manganese (Mn)
Oxygen (O)	Boron (B)
Nitrogen (N)	Molybdenum (Mo)
Phosphorus (P)	Copper (Cu)
Potassium (K)	Zinc (Zn)
Calcium (Ca)	Chlorine (Cl)
Magnesium (Mg)	Nickel (Ni)
Sulfur (S)	Cobalt (Co)
	Sodium (S)
	Silicon (Si)

يتم تناول المغذيات من قبل النباتات الخضراء والطحالب والأشنات من المياه السطحية، حيث تدخل الشبكة الغذائية وتصبح جزءا من المادة العضوية الحية، كما يتم تحويل المواد الغذائية إلى مستويات غذائية Trophic Levels أعلى (أي موقع الكائنات الحية في السلسلة الغذائية أو الشبكة الغذائية) عن طريق الرعي والافتراس، إلى أن تموت المادة العضوية (الكل أو أجزاء من كائن حي أو قمامة أو براز) وتصبح بقايا يتم تحلل المادة العضوية الميتة من قبل الكائنات الدقيقة (البكتيريا والفطريات)، والتي تستخدم المادة العضوية للتغذية. وفي نهاية المطاف، يتم تعدين المواد العضوية، مما يجعل المواد الغذائية متاحة مرة أخرى للنباتات الخضراء والطحالب والاشنات.

ما الذي يسبب التلوث المغذيات؟

- تؤدي بعض الممارسات الزراعية الشائعة إلى المغذيات الزائدة في المسطحات المائية. الفوسفور والنترات من المكونات الهامة للأسمدة المستخدمة في الحقول الزراعية - فهي موجودة في كل من الأسمدة الاصطناعية والأسمدة الطبيعية. إذا كانت المحاصيل لا تلتقط جميع الأسمدة المستخدمة، أو إذا كان المطر لديه فرصة لغسلها بعيدا قبل امتصاصها من قبل النباتات، يتم مسح الأسمدة الزائدة في الجداول.
- مصدر آخر رئيسي للمغذيات يأتي أيضا من الطريقة التي تستخدم بها الحقول الزراعية فقط موسميًا. معظم المحاصيل موجودة في الحقول خلال موسم نمو قصير نسبيا، وبقية السنة تترك التربة معرّضة للعناصر. في هذه الأثناء، تتغذى بكتيريا التربة على الجذور المتحللة وحطام النبات، وتطلق النترات. لا تؤدي الحقول المجردة فقط إلى تلوث الرواسب، ولكن هذه الممارسة تسمح بالإفراج الهائل عن النترات وغسلها.

- يمكن أن تحمل مياه الصرف الصحي المغذيات إلى الجداول والمياه. خاصة إذا كانت قديمة أو غير مناسبة، إلى مجاري مائية أو بحيرات. كما تساهم الأسر المتصلة بأنظمة المجاري البلدية في تلوث المغذيات. تعمل محطات معالجة مياه الصرف الصحي أحيانًا بشكل غير صحيح، وتغمرها بشكل دوري أثناء أحداث الأمطار الغزيرة وتطلق مياه الصرف الصحي إلى الأنهار.

- مياه الأمطار، اذ يتساقط المطر في المناطق الحضرية أو الضواحي على المواد المغذية من الأسمدة العشبية ومخلفات الحيوانات الأليفة والمنظفات المختلفة (على سبيل المثال، الصابون

المستخدم لغسل سيارة الشخص في الممر). ثم يتم تحويل مياه العواصف إلى أنظمة تصريف بلدية ويتم إطلاقها في الجداول والأنهار، محملة بالفوسفور والنيتروجين.

- يؤدي حرق الوقود الأحفوري إلى إطلاق أكاسيد النيتروجين والأمونيا في الهواء، وعندما يتم ترسيبها في الماء، يمكن أن تساهم بشكل كبير في مشكلة العناصر الغذائية الزائدة. والأكثر إشكالية هي محطات الطاقة التي تعمل بالفحم والمركبات التي تعمل بالغاز أو الديزل.

النيتروجين Nitrogen

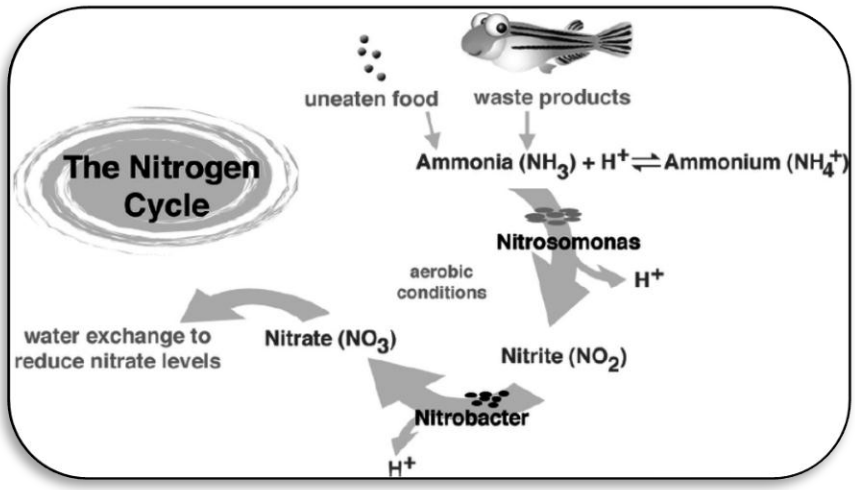
الدور البيئي ووجود النيتروجين

يمكن أن يتواجد النيتروجين في حالات أكسدة + 5 ، + 3 ، 0 ، 3 - ، ويتواجد في البيئة كمركبات غازية كنيتروجين حر (N_2) وأوكسيد النيتريك (NO_X) وأوكسيد النيتروز(N_2O) والامونيا (NH_3) أو النترات (NO_3) أو النتريت (NO_2) أو الأمونيوم (NH_4) أو كنيتروجين عضوي (في شكل مواد نباتية أو مركبات عضوية أخرى) وهو مكون أساسي للأحماض النووية والبروتينات، والكلوروفيل النباتي. والأشكال المذابة الرئيسية من النيتروجين هي الأمونيوم والنترات.

على الرغم من أن النيتروجين هو نتروجين مائي مغذي رئيسي غير عضوي، فهو كأي مادة يعتبر سام للنباتات والحيوانات والبشر بتراكيز عالية ومن المعروف أن ارتفاع مستويات النترات أو النتريت في مياه الشرب يسبب اضطرابات دموية قاتلة في الرضع دون ستة أشهر من العمر، وتسمى ميثوغلوبينيميا الدَّم Methemoglobinemia أو " متلازمة زرقة الطفل"، حيث تقل قدرة حمل الأوكسجين من الدم. وعلاوة على ذلك، فإن الأمونيا الحرة المكونة من الأمونيوم تحت ظروف قاعدية في المياه السطحية تكون شديدة السمية بالنسبة للأسماك .

دورة النيتروجين بالمياه

دورة النيتروجين موضحة بالشكل ادناه :



الفسفور Phosphorus

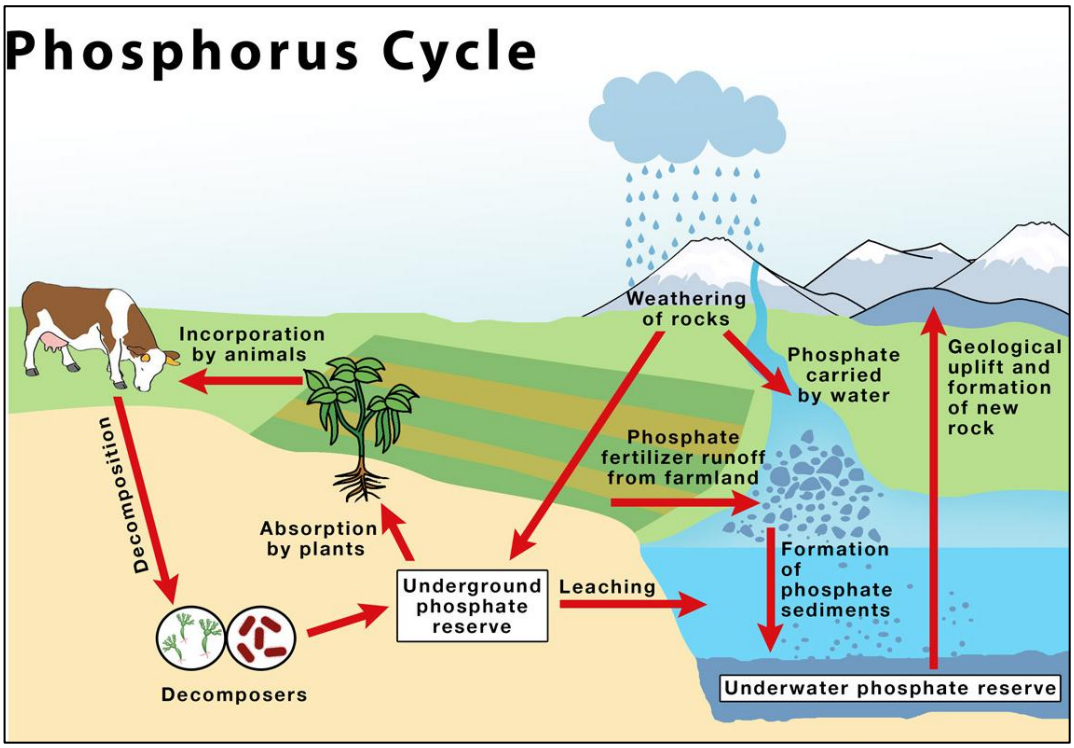
الدور البيئي وتواجد الفسفور

الفوسفور هو المغذي النباتي الرئيسي الثاني في الكائنات الحية، يشكل الفوسفور جزءا من البروتينات الحاسمة، مثل الحامض النووي فوسفات إلى اواصر أستر فوسفات في ثلاثي فوسفات الأدينوزين (Adenosine Triphosphate) وثنائي فوسفات الأدينوزي (Adenosine Diphosphate) في البيئة، يتواجد الفوسفور كفسفور عضوي، أي كجزء من مواد عضوية حية أو ميتة، أو كمواد فوسفاتية غير عضوية، أي حامض الفوسفوريك (H_3PO_4) وقواعده المترافقة (PO_4 ، HPO_4 ، H_2PO_4). وغالبا ما يتم اختصار أورثوفوسفات إلى فوسفات وعلى غرار حامض الكربونيك.

اهم المصادر الخارجية الرئيسية للفسفور في المياه السطحية يكون من الفضلات المطروحة بعد المعالجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وتصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة، والصرف الصناعي، اذ يستخدم الفوسفات، وبشكل أولي ثلاثي متعدد فوسفات الصوديوم، كمضاف منظف للغسيل للقضاء على الكالسيوم الحر خلال عملية الغسيل. وقد تساهم المنظفات الفوسفاتية بحوالي ثلث حمولة الفوسفور الكلية من الفضلات المطروحة بعد المعالجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي. والباقي هو أساسا من البراز البشري والمواد الغذائية المستهلكة. ومنذ إدخال المنظفات الخالية من الفوسفات خلال الثمانينيات وتنفيذ المعالجة الثلاثية للمياه المستعملة، تم تخفيض الأحمال الفوسفورية من محطات معالجة المياه العادمة بشكل كبير. في المياه السطحية، أيضا، تتصاحب الفوسفات أساسا مع المادة الحبيبية، وترسب هذه الحبيبات العالقة يعزز إزالة الفوسفات من عمود المياه. ونتيجة لذلك، قد يتراكم الفوسفور في الرواسب القاعية للأنهار والبحيرات. ولذلك، فإن تراكيز الفوسفات في الرواسب القاعية هي أكبر بكثير من تراكيزه في عمود الماء المغطى. وقد يؤدي تدرج التركيز الناتج بين رواسب القاع والمياه السطحية إلى تدفق صاف من الفوسفور من رواسب القاع إلى المياه السطحية وتسمى هذه العملية التحميل الداخلي Internal Loading لأنه يشير إلى إعادة تدوير الفوسفور الحالي في نظام المياه، وقد يستمر التحميل الداخلي في التسبب في إطلاق الفسفور في المياه السطحية بعد سنوات عديدة من توقف الاطلاقات المباشرة. وتأثير التحميل الداخلي هو أكبر في البحيرات الضحلة مما عليه في الأنهار أو البحيرات العميقة. وذلك لأن طول عمود الماء الذي من خلاله يتم توزيع الفوسفور المتحرر يكون أكبر ووقت الإقامة أطول في البحيرات العميقة مما هو عليه في البحيرات والأنهار الضحلة. إن عملية تحميل الفوسفور الداخلي قد تعرقل بشكل خطير إعادة التأهيل البيئي للبحيرات الضحلة التي كان لها تاريخ طويل من تحميل الفوسفور الخارجي.

دورة الفسفور في المياه

دورة الفوسفور تشبه تقريبا دورة النيتروجين خلال السلسلة الغذائية ومع ذلك، فإنها أقل تعقيدا بكثير من دورة النيتروجين، وذلك لأن الفوسفور يحدث في أشكال أقل وليس هناك مركبات غازية متطايرة، وكما موضحة بالشكل ادناه.

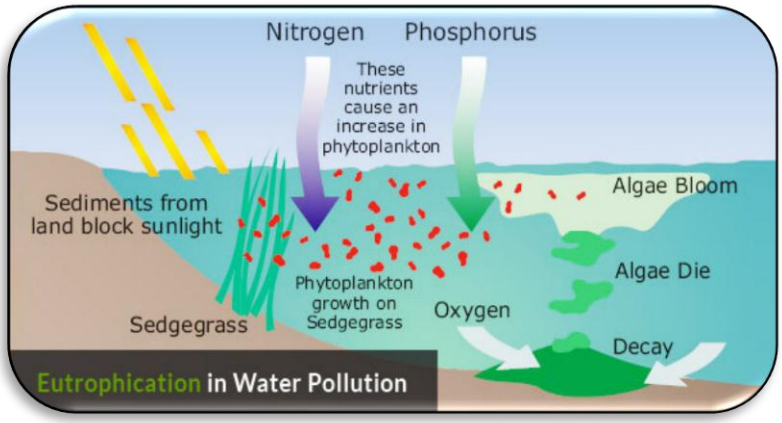


الاثراء الغذائي واثره على البيئة المائية ووسائل معالجة الاثراء الغذائي

الاثراء الغذائي Eutrophication

الإثراء الغذائي هو عبارة عن ارتفاع تركيز العناصر الأساسية لتغذية النباتات النيتروجين والفسفور في مياه البحيرات والسدود نتيجة طرح ملوثات عضوية فيها مما يؤدي إلى نمو طحلبي، وانعكاس ذلك على الأحياء المائية، وهذه العملية تكون بطيئة بطبيعتها ما لم تتسارع بفعل الإنسان، ويحدث الإثراء الغذائي عادة في مياه البحار الضحلة والضيقة والبحيرات الاصطناعية، وبحيرات السدود عندما تتعرض للتلوث. تأتي المدخلات المحلية الإضافية من المغذيات عادة من الترسب الجوي، والأسمدة، والنفايات البشرية، كما إن تدوير المغذيات هي

عملية طبيعية، ولكن يمكن تعزيزها أو تسريعها من خلال مدخلات المغذيات الخارجية ذات المنشأ البشري.



يمكن وصف حالة النظام الإيكولوجي من حيث حالته الغذائية، أي درجة إثراءه الغذائي أو عدم وجوده وتستخدم ثلاثة تسميات:

1- النظم قليل التغذية Oligotrophic أي إنخفاض إنتاجية النظم الإيكولوجية.
2- النظم التغذوية المتوسطة Mesotrophic أي النظم الإيكولوجية متوسطة الإنتاجية.
3- النظم الإيكولوجية المغذية Eutrophic أي النظم الإيكولوجية ذات الإنتاجية العالية .

أنواع الإثراء الغذائي:

هناك عدة أنواع من الإثراء الغذائي، منها

1- إثراء غذائي أولي :

هو عبارة عن زيادة حجم المحتوى الحيوي في المياه مع تغير في الخواص من ناحية الكم والنوع، ويشمل ذلك درجات الحرارة، والطبقات المائية، وكثافة البلانكتون. أما من الناحية الفيزيائية والكيميائية فإن ذلك يعني تغير في الخواص الطبيعية للمياه من حيث انخفاض الشفافية وتغيُّر اللون، بالإضافة إلى نقص الأكسجين المذاب في الطبقات المائية السفلية، وتكون المحصلة زيادة مستوى غذاء النباتات المائية من النيتروجين والفسفور.

2- إثراء غذائي متقدم:

وهو عبارة عن مرحلة متقدمة من الإثراء الغذائي تبدو فيه اعراض الاثراء الغذائي الأولي أكثر وضوحاً، حيث ينمو الإثراء بكثافة وبشكل خاص (Phytoplankton) الفيتوبلانكتون وينعدم الأكسجين الذائب في الماء للطحالب الخضراء المزرقة (Blue-Green Algae) ،

وتتكون في الطبقات السفلية من البحيرة ظاهرة بيئية لا هوائية نتيجة انعدام الأوكسجين تؤدي إلى تعفن لا هوائي تختفي معها الحياة.

3- إثراء غذائي موسمي / دوري

يحدث هذا النوع من الإثراء الغذائي في المواسم والفترات التي يقل فيها منسوب المياه التدريجي في البحيرة، مع زيادة نسبة المواد العضوية مقارنة بحجم المياه المتبقية، مما يؤدي إلى زيادة تركيز الأغذية النباتية.

4- إثراء غذائي زائف

يحدث هذا النوع من الإثراء الغذائي نتيجة تسرب مياه البحيرة في باطن الأرض، حيث تتهيأ ظروف لاهوائية داخل طبقة الرمل في قاع الحوض بعمق 3 أقدام تقريباً ينتج عنها عملية اختزال للكبريت بفعل (H_2S) بكتيريا الكبريت وينتج عن هذه العملية كبريتيد الهيدروجين التي تظهر بلون رمادي داكن وفطريات المجاري (Sewage Fungus) على سطح البحيرة والصخور التي تلامسها.

أعراض الإثراء الغذائي:

إن ظهور الطحالب الدقيقة Microscopic Algae أو الأعشاب Microscopic Weeds في أي جزء من البحيرة المائية الدقيقة يشير إلى بداية ظهور عملية الإثراء الغذائي، حيث تبدأ هذه العملية ببطء إلى أن تنتشر في جميع أجزاء البحيرة.

التأثير السلبي للإثراء الغذائي:

يتمثل التأثير السلبي للإثراء الغذائي في مياه البحيرات الضحلة الضيقة والبحيرات الاصطناعية والسدود بالنمو الزائد للنباتات المائية والطحالب التي ينتج عنها أضرار صحية وبيئية، وتقلل من جودة نوعية المياه وتجعلها غير صالحة للأحياء المائية، بالإضافة إلى ما تشكله من روائح منفرة ومظهر غير محبب نتيجة الطحالب والمواد العضوية المتعفنة الطافية على سطح المياه حيث تصبح بيئة ملائمة لتكاثر الحشرات وخاصة البعوض.

في النظم الإيكولوجية المائية، يؤدي الإغناء بالمغذيات إلى زيادة إنتاج الكتلة الحيوية وفقدان التنوع البيولوجي وعلاوة على ذلك، في المياه السطحية، قد تؤدي زيادة مستويات المغذيات إلى النمو المفرط للأعشاب المائية والطحالب (العوالق النباتية Phytoplankton) ويعرف النمو المفرط للعوالق النباتية أيضا باسم ازدهار الطحالب هذا الإنتاج المتزايد للنباتات المائية له عدة عواقب على استخدامات المياه منها:

1- الاختلافات النهارية الكبيرة في الأوكسجين المذاب : من خلال العوالق النباتية اليومية المنتجة للأوكسجين من خلال عملية التمثيل الضوئي، ولكنها في الليل تستهلك الأوكسجين من خلال التنفس يؤدي التواجد الزائد للطحالب إلى استنفاد سريع للأوكسجين المذاب، والذي بدوره يمكن أن يؤدي إلى موت الأسماك.
2- تستقر العوالق النباتية والأعشاب الضارة في الجزء السفلي من نظام المياه وتخلق متطلب أوكسجين رواسب (SOD) في البحيرات والخزانات العميقة، هذا يؤدي إلى انخفاض قيم الاوكسجين المذاب في طبقة المياه السفلى.
3- إن النمو الواسع للنباتات المائية المتجذرة يتداخل مع قدرة حمل القناة والتهوية والملاحة.
4- عائق جمالي وترفيهي : قد تظهر حصيرة طحلبية، كتل طحالب متحللة، روائح وتغير اللون.
5- عائق الصحة العامة : بعض أنواع الطحالب الزرقاء(البكتيريا الزرقاء) Cyanobacteria تفرز سموم يمكن أن تكون ضارة للكبد، كما ازدهار هذه الطحالب في الصيف قد تجعل المسطحات المائية السطحية غير مناسبة للسباحة.

معالجة ظاهرة الإثراء الغذائي:

تتم معالجة الإثراء الغذائي في البحيرات والمسطحات المائية بعدة طرق، منها:

- **معالجة ميكانيكية**

وذلك يجري بواسطة القوارب، باستخدام شباك ناعمة يتم من خلالها إزالة الطبقة الطافية وهذه الطريقة ذات فعالية كبيرة في خفض مستوى الإثراء الغذائي وإبطائه.

- **معالجة بيولوجية وبيوميكانيكية**

وذلك من خلال :

- استخدام المرشحات البيولوجية (Bio-Filters) وذلك بتمرير مياه البحيرة داخل مرشحات بيولوجية حيث تعمل البكتيريا على خفض المحتوى البيولوجي، واختزال الفسفور والنيتروجين بنسبة عالية.
- رقابة نوعية المياه في البحيرة بما في ذلك المواد المترسبة في القاع، بحيث تشمل قياس تركيز العناصر والمركبات النيتروجينية والفسفورية، والكلوروفيل وأن تكون القياسات دورية لمراقبة التغيرات التي تطرا على نوعية المياه في البحيرة مثل الأس الهيدروجيني (pH) والمتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD_5) والاوكسجين المذاب.

- تنظيف قاع البحيرة من المواد العضوية المترسبة التي تشكل بيئة لاهوائية ينتج عنها غازات مثل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والأمونيا (NH_3) التي تعمل على إعادة الإثراء الغذائي.

- تهوية مياه البحيرة للمحافظة على مستوى الأكسجين المذاب على مختلف الأعماق باستخدام جهاز تهوية (Aerator) متحرك على سطح البحيرة، أو عمل شلالات، أو نوافير وسط البحيرة، مع الأخذ بعين الاعتبار مراقبة مستوى النيتروجين الذي يمكن الحصول عليه من الهواء نتيجة عملية التهوية، حيث تستفيد منه الطحالب الخضراء المزرقة وتعمل على تغذيته الاسترجاعية في مياه البحيرة.

3- معالجة كيماوية

تتم المعالجة الكيماوية باستخدام مواد تخثير (Coagulants) مثل أملاح الحديد ($FeCI_3$) وكبريتات الألمنيوم $AL_2(SO_4)$ حيث تعمل على تكتيل المواد العالقة وترسبها، كما تعمل على الحد من تركيز عناصر الإثراء الغذائي بتحويلها إلى غير ذائبة.