

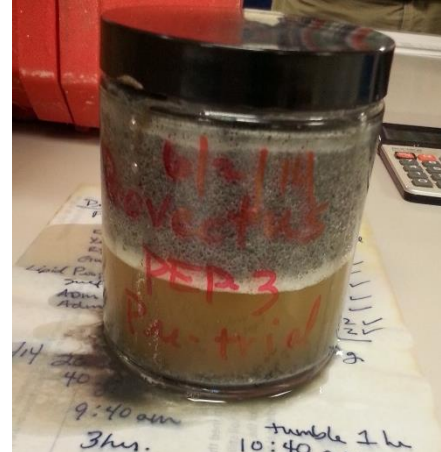
Provect-IR™

Reagente anti-metanogênico ISCR

DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA

O **Provect-IR** é uma mistura única de reagentes em um único produto, que otimiza a decloração reductiva in situ de produtos químicos presentes no solo, sedimento e águas subterrâneas, através da estimulação de interações sinérgicas entre:

- ◆ Compostos naturais anti-metanogênicos
- ◆ Fontes de carbono orgânico hidrofílicas, ricas em nutrientes
- ◆ Ferro zero valente (ZVI, em inglês)
- ◆ Aceptores químicos de oxigênio
- ◆ Fontes de vitaminas e minerais



Essa combinação singular e patenteada de produtos químicos naturais e de grau alimentício promove condições de redução química in situ (ISCR) para a destruição rápida e eficaz dos compostos de interesse, como solventes clorados, pesticidas organoclorados e outros compostos halogenados (Brown et al, 2009; Dolfig et al, 2008; Scalzi et al 2012). Notavelmente, o **Provect-IR** é o único reagente ISCR que inibe simultaneamente a produção de metano durante os processos necessários de fermentação de carbono (US Patent Office Scalzi et al, 2013, 2014), o que promove a utilização mais eficiente do doador de hidrogênio, evitando os problemas associados à elevada concentração de metano (CH₄) na água subterrânea, gases do solo e ar ambiente.

Regulamentações atuais para metano nas águas subterrâneas variam de 10 a 28 mg CH₄/L (Departamento de Gestão Ambiental de Indiana, EUA, 2014). Outras regulamentações estaduais americanas encontram-se pendentes, uma vez que diversos projetos de desalogenação reductiva acelerada (ERD) com a utilização de fontes de carbono líquido (óleos emulsionados), não receberam aprovação regulatória devido aos problemas associados à produção excessiva de metano em aplicações tecnológicas anteriores (comunicação pessoal - Estado da Califórnia; Estado de Minnesota). Medidas de contingência tem sido solicitadas para a implementação convencional de projetos de ERD/ISCR, caso as concentrações de metano sejam superiores a um limiar que varia de 1 ppm a 10 ppm na água subterrânea. Essas medidas de contingência implicam frequentemente em sistemas caros e de longo prazo para a captura e tratamento do metano presente no vapor do solo, extraído através de sistemas SVE (sistema de extração de vapores).

MODO DE AÇÃO – COMO FUNCIONA?

O que é um metanogênico? Na década de 1970, o Dr. Carl Woese (1928-2012) e seus colegas da Universidade de Illinois-Urbana estudaram relações procariontes utilizando seqüências de DNA e descobriram que os micróbios que produzem o metano - ou metanogênicos - são Archaea (Woese e Fox, 1977). A identificação deste novo Domínio de microorganismos foi muito importante por diversas razões, mas a partir de nossa perspectiva limitada esta vasta diferença na composição genética significa que os metanogênicos são significativamente diferentes de bactérias heterotróficas típicas e eucariontes. Em outras palavras, *Dehalococcoides ethenogenes* são tão diferentes dos metanogênicos como você é.

O que é uma estatina? A estatina pode ser definida como "uma classe de drogas redutoras de lípidos, que reduzem os níveis de colesterol do soro por inibição de uma enzima envolvida na biossíntese do colesterol". A lovastatina, amplamente conhecida, é uma potente estatina utilizada durante décadas para baixar os níveis de colesterol no

sangue humano, inibindo a Coenzima A 3-Hidróxi-3-Metilglutaril- (HMG-CoA) redutase, enzima chave na via da biossíntese do colesterol (Alberts et al., 1980). Foi a primeira estatina aprovada pela FDA (Agência Reguladora de Alimentos e Drogas, Estados Unidos) em 1987 como uma droga hipercolesterolêmica.

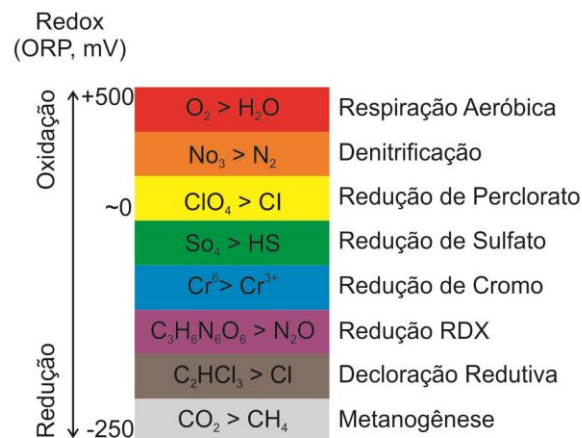
O que é o extrato de levedura vermelha de arroz (RYR)? O extrato da levedura vermelha de arroz (RYR - red yeast rice), componente do **Provect-IR** é uma substância extraída do arroz que foi fermentada com um tipo de levedura chamada *Monascus purpureus*. O extrato de levedura vermelha é usado como corante alimentar, aditivo conservante alimentar e é amplamente consumido pelos seres humanos. O extrato RYR contém monacolinhas - a mais importante, Monacolina K, também conhecida como Lovastatina ou Mevinolina. A Monacolina K é o único componente da estatina que ocorre naturalmente. Além da Monacolin K, o extrato RYR também contém ácidos graxos mono-insaturados e outras vitaminas que estimularão efetivamente bactérias anaeróbicas na subsuperfície.

Então, como a estatina inibe a metanogênese? Curiosamente, a Monacolina K é um potente inibidor de Archaia metanogênica, pois a produção da membrana celular em Archaea parte de uma via semelhante à da biossíntese do colesterol (Miller e Wolin, 2001). Os metanogênicos são tão distintos das bactérias que o efeito inibidor não é observado em microorganismos tipicamente associados com: i) o catabolismo de contaminantes orgânicos (tais como espécies de *Pseudomonas*) e/ou, ii) halo-respiração/biodegradação de solventes clorados (tal como espécies dehalococoides). O extrato RYR tem sido utilizado na pecuária durante décadas, na tentativa de gerir os microorganismos do rúmen e controlar a produção de metano nos animais (Henderson et al, 2010).

PROCESSO DE ATENUAÇÃO – MAIS SEGURO E MAIS EFICIENTE TRATAMENTO ISCR

A redução química *in situ* (ISCR), tal como definida por Doling *et al* (2008), descreve a combinação de efeitos do consumo de oxigênio estimulado biologicamente (via fermentação de uma fonte de carbono orgânico), com os da redução química direta com ferro zero valente (ZVI) ou outro metal reduzido. O aumento correspondente das reações de decomposição termodinâmicas realizadas em condições de menor potencial de redução (Eh) permite uma mineralização mais efetiva de diversos compostos de interesse.

Alguns substratos de desalogenação reductiva acelerada (ERD) e outras tecnologias de biorremediação anaeróbica acelerada existentes (ex.: óleos emulsionados, óleos não emulsionados, compostos de liberação de hidrogênio a base de carbono, matéria vegetal + alterações ZVI) supostamente deveriam oferecer respostas similares, entretanto, o substrato antimetanogênico do **Provect-IR** é o único capaz de obter valores de Eh mais favoráveis para a decloração reductiva, enquanto simultaneamente previne a produção de metano – o que é um desperdício de H gerado e uma questão de segurança sob as condições de campo.



Provect-IR é o único que combina unicamente o extrato RYR com uma variedade de reagentes especialmente selecionados, afim de induzir condições genuínas ISCR e facilitar a destruição dos compostos de interesse, de maneira mais segura e eficaz. Como comentado acima, pode ser utilizado na administração de impactos ambientais relacionados a solventes clorados, pesticidas, metais pesados, entre outros compostos de interesse.

Doadores de Hidrogênio Orgânico Especialmente Selecionados: Uma variedade de fontes de carbono orgânico hidrofílico e ricos em nutrientes são incorporadas no **Provect-IR** para ajudar a promover o processo ISCR. As alterações através da biorremediação com **Provect-IR** consistem em uma liberação de fontes de carbono em pequeno, médio e longo prazo. Tal formulação é desejável porque fornece tanto um rápido doador de elétrons (propionato de cálcio), a liberação lenta de doadores de elétrons (farinha de algas marinhas e extrato de levedura), quanto a liberação de fontes de carbono a longo prazo (outros carbonos de celulose e hemi-celulose, como por exemplo, farelo de soja). Mais especificamente,

- ◆ Propionato de cálcio e outras fontes de carbono facilmente biodegradáveis: Após a adição de fontes de carbono simples como lactato, formato, etanol ou glicose em um aquífero, esses componentes são frequentemente convertidos rapidamente em hidrogênio e acetato e, embora esta seja a resposta desejada, algumas vezes o processo é tão rápido que pode resultar na acidificação do aquífero (devido à rápida produção de VFA) e na liberação de muito hidrogênio (o que permite a competição dos metanogênicos e redutores de sulfato na desalogenação, que tende a crescer mais vagarosamente). Assim, o propionato de cálcio é usado como uma fonte de carbono prontamente biodegradável.
- ◆ Extrato de levedura: Este suplemento fornece uma variedade de doadores de hidrogênio orgânico que possuem perfis de liberação mais lenta (não são fermentados tão rapidamente como o propionato). O extrato de levedura também contém componentes biológicos muito úteis anaerobicamente, contudo, não estão disponíveis através de outro meio além do carbono puro. Em particular, o extrato de levedura fornece uma fonte primária de ATPase com traços de nutrientes e complexos de vitamina B.
- ◆ Refeição de alga marinha/celulose a base de carbono: Essas fontes de hidrogênio são compostas de um carbono hidrofílico, sólido e complexo que fermenta mais vagarosamente, o que gera menos metano. O componente orgânico hidrofílico da refeição de alga marinha, por exemplo, é composto de celulose e hemicelulose e pode ser tratado durante o processo de manufatura de modo que alguns componentes estão mais sujeitos à hidrólise para glicose, mantendo uma longevidade de cerca de 3 a 5 anos, ou mais.

Captadores químicos de oxigênio: A presença de captadores químicos de oxigênio como o sulfito de sódio, ajuda a minimizar as fases de defasagem de desempenho geralmente observadas após a injeção de medidas corretivas. Isso se deve, em parte, à presença de oxigênio que é introduzido como resultado da mistura de campo e do combinado de operações. É necessário um certo tempo e consumo de reagente para remover o oxigênio introduzido e permitir que as reações ISCR se processem. O **Provect-IR** é o único que administra esse impactoquimicamente, sendo assim uma alternativa mais eficiente e confiável que permite ao processo ISCR também ser mais efetivo.

Ferro Zero-Valente: A presença de Ferro Zero Valente (ZVI) no **Provect-IR** é crítica para as reações ISCR. O ZVI é adicionado como material redutor que é oxidado durante as reações de decloração redutiva. A reação de eliminação *beta* produz principalmente (cloro)acetileno, etano/eteno e íons cloreto, sem o acúmulo de catabólitos potencialmente problemáticos, típicos do processo de desalogenação redutiva sequencial mediados microbiologicamente (ex.: DCE ou DCE). Conforme o ZVI reage, íons hidroxila são liberados e o pH sobe, o que pode ser útil em casos onde é necessário neutralizar a acidez gerada durante a fermentação do carbono. Espécies de ferro oxidado também são produzidas e são úteis nas reações de eliminação alfa e na ciclagem de ferro. Uma limitação das reações ZVI é que sua superfície é mediada, o que significa que o contato direto é necessário para a destruição direta dos compostos de interesse.

Extrato RYR: O **Provect-IR** é o único que induz rapidamente às condições ISCR, enquanto simultaneamente previne ou minimiza significativamente a produção de metano. Os benefícios são notáveis:

- ◆ **Mais segurança:** Metano é explosivo quando apresenta um valor de LEL (limite inferior de explosividade) de 5% e UEL (limite superior de explosividade) de 15%. A produção de metano será decorrente de qualquer alteração convencional ERD ou ISCR: excessiva e extensa produção de metano pode resultar em concentrações elevadas na água subterrânea (já foram detectados até 1.000 ppm) o que pode levar ao acúmulo de gás no solo e posteriormente afetar a qualidade do ar ambiente. Regulamentos estaduais específicos para metano nas águas subterrâneas foram promulgados, junto a outros pendentos para gases do solo e do ar de ambientes fechados.
- ◆ **Mais eficiente = Mais rentável:** A produção de metano é uma indicação direta de que o hidrogênio gerado das alterações do carbono orgânico foi utilizado na metanogênese e essa alteração está sendo, portanto, desperdiçada, pois não está sendo revertida para a acetogênese e desaloespiração. Através da inibição do crescimento e da proliferação do metano produz-se Archaea, que pode se tornar predominante na população bacteriana.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS:

- ◆ **Efetividade:** Não acumula catabólitos intermediários como uma função da adição de substratos (assim como é comum com óleos [emulsionados] e fontes de carbono apenas).
 - Não depende da sorção física/sequestro como melhor mecanismo de remoção (como é comum em óleos)
 - Tampão inerente para controle do pH – não irá acidificar o aquífero nem liberar metais pesados como potenciais compostos de interesse secundários.
- ◆ **Eficiência:** Diminuição significativa dos custos como resultado da maior eficiência de utilização e da falta da necessidade de administração das medidas de contingência para o gerenciamento de metano. Não há necessidade de soluções tampão adicionais.
- ◆ **Seguro:** Menor preocupação com segurança e saúde quando comparadas com o uso tradicional de reagentes ERD ou ISCR. Evita questões associadas aos novos e emergentes regulamentos sobre metano.
- ◆ **Fácil de utilizar:** Verde e sustentável. Todos os componentes estão integrados em um único pacote. Logística sem surpresas.
- ◆ **Longevidade:** Fontes de carbono com perfil desenvolvido por engenharia, para apresentarem longevidade estimada de 3 a 7 anos, dependendo da hidrogeologia específica de cada site. O reagente permanece ativo no local, o que previne o retorno da contaminação (*rebound*).
- ◆ **Performance melhorada:** Melhor eficiência dos doadores de hidrogênio (não são desperdiçados como na utilização do metano).
- ◆ **Fórmulas adaptadas para metais pesados:** Arsênio e outros metais pesados não serão mobilizados produzindo contaminantes secundários (como é comum com óleos [emulsionados] e fontes de carbono). Pode ser formulada para administrar ambientes que estão co-impactados com vários contaminantes inorgânicos (ex.: As, [Hg], Ni, Pb, Zn), enquanto simultaneamente mineraliza componentes orgânicos.
- ◆ **Tecnologias patenteadas:** Os usuários finais da tecnologia e os seus clientes estão totalmente protegidos por todas as patentes e outras questões legais.

PROPRIEDADES FÍSICAS:

Tamanho da Partícula: varia de <5 a 100 micron (podem ser produzidos conforme especificações).

Densidade Seca: em torno de 0.4 a 0.5 g/cm³

29% da Densidade Aquosa da Mistura: varia de 0.9 a 1.0 g/cm³

29% Viscosidade Aquosa da Mistura: varia de 500 a 1.500 cP

GUIA DE PREPARAÇÃO DA MISTURA:

Porcentagem de sólidos	Massa de Provect-IR	Volume de água (litros)
10%	10,89 kg	102,2
20%	10,89 kg	45,42
30%	10,89 kg	26,49

REFERÊNCIAS:

Alberts, A., J. Chen, G. Kuron, V. Hunt, J. Huff, C. Hoffman, J. Rothrock, M. Lopez, H. Joshua, an E. Harris; 1980. Mevinolin: a Highly Potent Competitive Inhibitor of Hydroxymethylglutaryl-coenzyme A Reductase and a Cholesterol-Lowering Agent. Proceedings of the National Academa of Sciences of the United States of America 77:3957-3961.

Brown, R., J. Mueller, A. Seech, J. Henderson and J. Wilson. 2009. Interactions between Biological and Abiotic Pathways in the Reduction of Chlorinated Solvents. Remediation Journal Winter 2009, pages 9-20.

Dolfing, J., M. Van Eekert, A. Seech, J. Vogan and J. Mueller. 2008. *In Situ* Chemical Reduction (ISCR) Technologies – Significance of Low Eh Reactions. International Journal Soil & Sediment Contamination 17 (1) : 63-74.

Miller, T.L. and M.J. Wolin. 2001. Inhibition of growth of Methane-Producing Bacteria of the Rumen Forestomach by HydroxymethylglutarylSCoA Reductase Inhibitors. J. Dairy Sci. 84:1445-1448.

Scalzi, M. and McGill, J. 2012. Method for the Treatment of Groundwater and Soils using Mixtures of Seaweed Kelp. US PTO No. 8,147,694 B2 (April 3, 2012).

Scalzi, M. and A. Karachalios. 2013 and 2014. Inhibition of Methane Production during Anaerobic Reductive Dechlorination. US PTO 13/ 785,840 and CIP 14/268,637

Woese, C.R. and G.E. Fox (1977). "[Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms](#)". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 74 (11): 5088–5090.

ENTRE EM CONTATO PARA UMA AVALIAÇÃO DO SEU CASO

PROVECTUS ENVIRONMENTAL PRODUCTS, INC.

2871 West Forest Road, Suite 2 | Freeport, IL 61032

Tel: (815) 650-2230 | Fax: (815) 650-2232 | E-mail: info@ProvectusEnv.com