

Autor e Innovador: Göran Skoog

Licencia: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Correo electrónico: Skoog.goran@hotmail.com | Goran@skoogmarine.com

Web: www.skoogmarine.com

Informe Técnico: Skoog Coastal Life-Seed (SCLS)

1. Definición del sistema y propósito

Skoog Coastal Life-Seed (SCLS) es una arquitectura de sistema biotecnológico para la producción de biomasa rica en proteínas en entornos afectados por crisis. El sistema transforma el agua de mar en un sustrato de nutrientes en 72 horas a través de un proceso cerrado y controlado. La solución se basa en una cascada de barreras de seguridad: presión de selección biológica, monitoreo visual del proceso y tratamiento final térmico obligatorio. El propósito es ofrecer un método descentralizado para el suministro de alimentos donde la logística y la infraestructura convencionales han colapsado.

2. Arquitectura microbiológica

El sistema es impulsado por un cultivo asociado optimizado de organismos halófilos:

- **Vibrio natriegens (ATCC 14048):** Bacteria marina clasificada como BSL-1, elegida por su tasa de crecimiento extremo y producción eficiente de biomasa. La biomasa presenta un perfil de aminoácidos típico de la proteína microbial, adecuado para la supervivencia humana.
- **Dunaliella salina:** Microalga halófila que a través de la fotosíntesis contribuye con la oxigenación, lípidos y producción de betacaroteno. El sistema requiere exposición a la luz solar directa para un metabolismo óptimo, pero puede sobrevivir períodos cortos de clima nublado con una tasa de crecimiento reducida.
- **Tetragenococcus halophilus:** Bacteria de ácido láctico halófila responsable de la fermentación conservante y la reducción del pH mediante la producción de ácidos orgánicos.

3. Composición química e indicadores

- **Base de nutrientes:** Nitrato de sodio (NaNO_3) y Acetato de sodio ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$)
- **Monitoreo del proceso: Complejo de antocianinas.** Un indicador de pH natural que está integrado químicamente directamente en las tabletas del sistema. Proporciona un confirmation visual del nivel de pH alcanzado al colorear todo el volumen de agua de amarillo/naranja (a $\text{pH} < 4.5$), lo que elimina la necesidad de equipos de medición externos.
- **Barrera sensorial: Extracto de cuasina.** Una barrera de sabor incorporada que funciona como una señal de advertencia (amargor) en ausencia de dominio por parte de la población objetivo.

4. Cronograma de operación: Alimentación por pulsos y codificación geométrica

Tres Tabletas codificadas físicamente controlan el proceso secuencialmente para minimizar errores del usuario. Cada Tableta contiene una composición específica de organismos y componentes químicos para impulsar el proceso:

- **DÍA 1: START-SEED (Redonda):** Esta Tableta inicia el sistema suministrando inóculo liofilizado de *Vibrio natriegens* y *Dunaliella salina*. Simultáneamente, se libera una alta concentración de sal marina (NaCl) que eleva la salinidad a >7 %. Esta salinidad funciona como un filtro biotecnológico; es óptima para la población objetivo pero inhibe fuertemente la supervivencia de bacterias marinas no halófilas, lo que establece una presión de selección inmediata y fuerte.
- **DÍA 2: GROWTH-SEED (Cuadrada):** Esta Tableta suministra la mayoría del sustrato de nutrientes en forma de Nitrato de sodio (NaNO_3) y Acetato de sodio ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$). Al suministrar los nutrientes primero en el segundo día (alimentación por pulsos), se asegura que solo los organismos deseados, que ahora dominan el líquido, puedan utilizar la energía para un aumento explosivo de la biomasa y la proteína.
- **DÍA 3: FINISH-SEED (Triangular):** Esta Tableta suministra inóculo de *Tetragenococcus halophilus*, así como el indicador de antocianina incorporado. La Tableta inicia el proceso de fermentación final donde las bacterias del ácido láctico consumen los carbohidratos restantes y reducen el valor del pH por debajo de 4.5. Simultáneamente, se libera un floculante (quitosano modificado) que agrupa las células individuales en unidades más grandes (floculación) para que se hundan al fondo y puedan ser cosechadas.

5. Regulación de temperatura y aislamiento del suelo

Para que el sistema funcione en climas soleados, se requiere un equilibrio exacto entre la luz solar (para las algas) y el frío (para las bacterias).

- **Entierro parcial (Obligatorio):** El contenedor debe enterrarse en el suelo de modo que el 70-80 % del volumen esté por debajo del nivel del suelo. Solo la parte superior absoluta y la tapa del contenedor deben dejarse libres sobre el suelo. El suelo funciona como un disipador de calor que mantiene el líquido dentro de la ventana biológica de 20-35 °C, mientras que la parte superior permite la luz solar necesaria para la fotosíntesis.
- **Monitoreo de temperatura:** Si todo el contenedor se deja a la luz solar directa, la temperatura superará los 40 °C, lo que mata el cultivo bacteriano. Si el contenedor se entierra por completo, las algas mueren por falta de luz. El usuario controla la temperatura manualmente sintiendo el líquido que sale durante la agitación contra el interior de la muñeca; el líquido debe sentirse cálido pero no quemar.
- **Agitación mecánica (Rutina fija):** Se debe realizar una agitación manual vigorosa como una rutina fija al amanecer, al mediodía y al atardecer, independientemente de las condiciones climáticas. En caso de luz solar intensa, se recomienda una agitación más frecuente (por ejemplo, cada dos horas). Esta rutina asegura que el líquido más frío de la parte enterrada circule hacia la superficie, lo que evita el sobrecalentamiento local y optimiza la distribución de nutrientes.

6. Balance de masa y rendimiento

Parámetro	Valor
Rendimiento de biomasa	~40g de biomasa seca por unidad
Rendimiento de proteína	20-22g de proteína pura por lote (aprox. 50-55 % de la biomasa)
Calidad	Rica en aminoácidos y lípidos adecuados para la supervivencia humana

7. Barreras higiénicas y tratamiento final

Para garantizar la calidad de los alimentos, se integran tres pasos de control independientes:

1. **Verificación visual:** El indicador de antocianina confirma un nivel de pH seguro (< 4.5) a través de un cambio de color claro a amarillo/naranja. Esto funciona como una verificación biológica de que el ambiente es lo suficientemente ácido para inhibir las especies patógenas de *Vibrio* y asegurar que la biomasa sea segura para seguir manipulándola
2. **Cosecha y separación:** Después de completar la floculación (Día 3), el agua salada clara se decanta cuidadosamente. La biomasa restante debe prensarse a través de una tela densa o un trozo de tejido para eliminar el agua salada libre restante. Si es posible, la masa debe enjuagarse una vez con agua dulce. Se recomienda una prueba de sabor simple; la masa debe estar salada pero ser comestible. Este paso asegura que la biomasa de proteína se separe del exceso de sal y logre una salinidad segura para el consumo.
3. **Tratamiento final térmico (Obligatorio):** La biomasa prensada se forma en unidades con un grosor máximo de 5 mm antes de calentar a 75°C . La geometría delgada asegura la penetración total del calor y la reducción de los patógenos restantes.

8. Conclusión

El SCLS constituye una arquitectura de sistema operativa lista para la implementación inmediata y la validación de campo. Al combinar el aislamiento pasivo del suelo con un programa de agitación fijo, se garantiza una producción estable de proteínas incluso en climas extremos, de forma completamente independiente de la infraestructura existente. Esta arquitectura está técnicamente establecida y optimizada para servir de base para intervenciones directas y escalabilidad local en entornos afectados por crisis.