

Higiene y Sanidad Ambiental, 17 (2): 1523-1528 (2017)

Sistema de medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo de una planta de extracción de aceites esenciales con dióxido de carbono supercrítico

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH SYSTEM OF A PLANT FOR EXTRACTING ESSENTIAL OILS WITH SUPERCRITICAL CARBON DIOXIDE

Isnel BENÍTEZ CORTÉS^{1*}, Aylín BENÍTEZ LEGRÁ¹, Carlos Mariano MARÍN PÉREZ¹, Amaury PÉREZ MARTÍNEZ^{1,2}

¹ Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Carretera Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

² Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador.

Correspondencia: Isnel Benítez Cortés. Tlf. (0053) (32) 261192.
Correo-e: isnel.benites@reduc.edu.cu

RESUMEN

Este trabajo se realiza con el objetivo de proponer un Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo para una planta de extracción de aceites esenciales de *Moringa oleifera* Lam. con dióxido de carbono en estado supercrítico, en la biorefinería de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. La propuesta se realiza sobre la base del cumplimiento de los aspectos tratados en la guía de implementación, y cuenta con los planes de liquidación de averías, protección contra incendios y áreas protegidas, entre otros. Dentro de los posibles riesgos de la planta se encuentran las explosiones por las altas presiones a las que se trabaja, lo que trae como consecuencia daños técnicos, económicos y al trabajador, así como afectaciones a la salud de los trabajadores por contaminación con productos naturales.

Palabras clave: CO₂ supercrítico, extracción, seguridad y salud del trabajo, *Moringa oleifera*.

ABSTRACT

This work was carried out with the aim of proposing a Safety and Health System at Work for an essential oil extraction plant of *Moringa oleifera* Lam. with carbon dioxide in a supercritical state at the biorefinery of the University of Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. The proposal is made on the basis of compliance with the aspects covered in the implementation guide, and has the plans for liquidation of damages, fire protection and protected areas, among others. Among the possible risks of the plant are explosions due to the high pressures at work, which results in technical, economic and worker damages, as well as damages to the health of workers by contamination with natural products

Keywords: Supercritical CO₂, extraction, occupational health and safety, *Moringa oleifera*.

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales de la *Moringa oleifera* Lam. son utilizados en la medicina tradicional debido a sus propiedades. Se destaca su efecto antiinflamatorio

cuando son usados en forma de microemulsiones presentando una gran estabilidad (Vibhute *et al*, 2015), y actividad antihelmíntica (Nilani *et al*, 2012). Sus hojas tienen un alto valor nutricional constituyendo una fuente importante de vitaminas, minerales y

proteína cruda, entre 19.3 y 26.4 % (Adejumo et al, 2013), y se pueden utilizar también como alimento animal (Pérez et al, 2010).

La extracción supercrítica es una operación unitaria de transferencia de masa que se efectúa por encima del punto supercrítico del solvente. Esta extracción permite controlar y manipular propiedades tales como la difusividad, viscosidad y densidad del fluido mediante pequeños cambios de presión y temperatura, lo que conlleva a una variación en la selectividad y el poder disolvente de este. En el caso de la extracción con dióxido de carbono, se necesitan presiones por encima de las 70 atm. Estos factores hacen que su uso para la extracción de aceites esenciales de la *M. oleífera* resulte un proceso extremadamente peligroso si no se toman en cuenta toda una serie de medidas de seguridad y salud del trabajo. Por otra parte, el uso de la moringa puede traer asociado efectos sobre la salud de los operadores de la planta. Por tanto, el objetivo de este trabajo es diseñar un conjunto de medidas de protección y salud en el trabajo que permitan una correcta operación de la planta.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se parte de la evaluación del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SSST) de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz a partir del Manual de Implementación disponible en la Dirección de Gestión del Capital Humano. En este documento está legislado todo el sistema que debe establecerse, con todos los mecanismos de evaluación de los mismos. Para su evaluación se parte de una encuesta realizada a diferentes directivos y trabajadores docentes y no docentes. La encuesta contiene 12 aspectos de gran importancia y de estricto cumplimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Anexo I se muestra los resultados de la implementación de las encuestas.

La evaluación del SST obtuvo 73 puntos, evaluándose como regular. Los aspectos más incidentes en esta evaluación fueron:

- Organización de la protección contra incendio (PCI): existen posibilidades de incendio debido a la presencia de material inflamable como es el bagazo de caña donde se encuentran cables de electricidad y toma corrientes.

- Seminarios iniciales periódicos y simulacros de averías como parte de la capacitación periódica de los trabajadores: no se han desarrollado en la planta este tipo de ejercicios que permitan preparar a los profesores y estudiantes para una posible explosión de la autoclave ni el extractor.

- Plan de liquidación de avería: aunque existe un plan a nivel institucional, no existe este documento en la Biorrefinería. Por otra parte, debe tener implícito las

averías por escape de sustancias tóxicas, las de incendios y explosiones.

- Existe el movimiento de áreas protegidas: no está establecido el movimiento de áreas protegidas.

- La seguridad del proceso se mantiene con la calidad requerida: aunque existen instalados instrumentos de medición, los manómetros no garantizan la lectura en el rango de trabajo (70 atm de presión de trabajo y el límite máximo de la medición es de 40 atm).

Propuesta de medidas

Se plantean un conjunto de medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo a implementarse con vistas a mejorar la seguridad del trabajo en la planta. La propuesta de implementación del SSST se realiza sobre la base del cumplimiento de los aspectos tratados en la guía de implementación.

1. Existir la documentación que relacionan las responsabilidades niveles de dirección:

En este momento, no se cuenta con la documentación necesaria para establecer los niveles de responsabilidad a los diferentes niveles de dirección de la facultad y universidad. Esta debe confeccionarse teniendo en cuenta los principales riesgos que se presentan en la instalación. En este caso, el decano es el máximo responsables de la puesta en marcha, operación, explotación y mantenimiento de la instalación y queda bajo su responsabilidad el diseño de toda la documentación necesaria. En el escalón de dirección, se subordina el jefe de departamento, el jefe de laboratorio y el jefe de la biorrefinería.

2. Documentación del Sistema de Seguridad Industrial en situación normal (normas, procedimientos e instrucciones).

- Aunque en la Universidad de Camagüey existe la documentación necesaria del SSST bien establecida para las actividades que en ella se realizan, no existe esta documentación para el tipo de planta que se está diseñando, por lo que se hace necesario diseñar esta documentación, las normas, procedimientos e instrucciones de puestas en marcha, operación, vertimiento de residuales de la planta, las cuales deben ser socializadas, divulgadas y debe ser de estricto conocimiento de todos los trabajadores y estudiantes que se vinculen con la planta.

- El diseño de las normas debe tener en cuenta los principales riesgos teniendo en cuenta los peligros de contaminación biológica, altas presiones y trabajo con fluidos contaminantes como el dióxido de carbono. Por otra parte, algunos aceites esenciales concentrados pueden causar quemaduras en la piel.

- Las operaciones unitarias que se llevan a cabo así como todos los procesos de entrega, carga y vaciado de los equipos, cambios de operadores que

serán los propios estudiantes, así como el personal de mantenimiento, deben estar debidamente reguladas y registradas y se debe llevar control de cada una de ellas. Estos registros deben llevar el control de las presiones en la autoclave y el extractor, la presión de salida del balón de dióxido de carbono, niveles de producción, cantidad de materias primas, accidentes o incidentes que se verifiquen durante el proceso de producción. De la misma forma, deben quedar registradas las principales fallas operacionales de la planta.

3. Debe existir la identificación de todos los trabajos peligrosos que se ejecutan en el área.
 - Se deben identificar todos los trabajos peligrosos en la planta teniendo en cuenta la documentación oficial establecida. Estos deben quedar bien señalizados para no cometer imprudencias de los estudiantes.
 - Registra un sistema de aprobación de los trabajadores que realizarán trabajos peligrosos, asociados al mantenimiento de los equipos, operación del balón de dióxido de carbono, entre otros.
4. Debe existir la identificación y control de los riesgos que permitan eliminar o reducir los accidentes y mejorar las condiciones de trabajo.
 - Debe aparecer un registro de los factores de riesgos del área, de los posibles factores de accidentes así como de los accidentes que se han presentado en el área, con indicaciones de su efecto sobre la salud humana y sobre la economía. Estos deben estar asociados al consumo de dióxido de carbono, al uso de presiones muy altas y a las posibles contaminaciones por los aceites extraídos.
 - Debe establecerse un programa preventivo de los posibles riesgos en el proceso así como un control de los factores de riesgo.
 - Debe aparecer un sistema de capacitación de los estudiantes que operarán la planta incluyendo la evaluación periódica.
5. Debe establecerse el sistema de investigación de los accidentes e incidentes.
 - La planta debe tener, independientemente del sistema de investigación de riesgos y accidentes establecidos en la universidad, un sistema propio que incluya todo lo concerniente a las altas presiones de trabajo y el uso del dióxido de carbono. Para esto se debe establecer un sistema de registro y actualización de los mismos.
 - Debe establecerse un sistema de indicadores para medir la accidentabilidad, donde se incluyen los índices de frecuencia, de incidencia y de gravedad.
6. Debe existir un sistema de organización y seguridad de la Gestión de transportación de Sustancias Peligrosas.

- Aunque la transportación de los balones de dióxido de carbono no se realiza por los estudiantes ni personal de trabajo en la planta, debe establecerse un procedimiento para la transportación hacia la universidad así como la instalación y puesta en marcha de los balones en la planta. Estos balones deben tener las especificaciones de seguridad de la Empresa de Gases Industriales.
- Debe tenerse en cuenta la contaminación biológica que puede producirse con la introducción de las semillas de las plantas. Por otra parte, debe existir un protocolo de recepción de las mismas donde aparezca el lugar de procedencia de la planta, sistemas de almacenamiento y conservación, contaminación previa de las áreas productivas.

7. Debe organizarse el Sistema de Protección Contra Incendio (PCI).
 - Debe establecerse un sistema de protección contra incendios, incluido dentro del sistema integral de la universidad. Deben quedar señalizados el lugar de los extintores así como del mural contra incendios. Estos sistemas deben estar incluidos para las materias primas y los residuales.
 - Los estudiantes deben operar la planta con todos los medios de seguridad individual y entrenarse en los medios de protección contra incendios.
 - Debe velarse por la protección de las prácticas de laboratorio aledañas a la planta, para poder extinguir el fuego en caso de presentarse un incendio.
8. Deben realizarse los Seminarios Iniciales, Periódicos y Simulacros de Averías como parte de la Capacitación periódica de los trabajadores.
 - Deben realizarse seminarios de capacitación a los alumnos para la puesta en marcha, operación y mantenimiento de la planta.
 - En cuanto a los simulacros de averías, debe evaluarse la cantidad de dióxido de carbono que se puede emitir en el proceso en caso de explosión de la autoclave.
9. Debe existir el Plan de Liquidación de Avería.
 - Debe existir el plan de liquidación de averías, firmado por el decano, el jefe de laboratorio, y el responsable de la planta.
 - Este plan deben contener todas las averías y escape de dióxido de carbono, posibles incendios provocados por la quema de los residuos de la producción o las semillas de la planta antes de introducirse al proceso.
 - El contenido mínimo que contiene el plan es:
 - Denominación de la avería.
 - Acción del personal para minimizar los efectos del accidente. Se definirá el responsable de ejecutar cada acción.
 - Medidas para el salvamento del personal que se encuentra en la zona de avería.
 - Ubicación de los recursos necesarios para enfrentar y liquidar la avería.

- Plan de Aviso (incluye las instituciones y funcionarios a los que se le debe avisar).

10. Estar establecidos los lineamientos de salud ocupacional.

- Debe establecerse un chequeo periódico de los estudiantes y trabajadores que operarán la planta, teniendo en cuenta posibilidades de contaminación biológica, intoxicación por inhalación excesiva del dióxido de carbono.
- Debe considerarse la implementación de un chequeo periódico de los estudiantes y trabajadores.

11. Existir el movimiento de áreas protegidas.

Debe declararse un movimiento de áreas protegidas en la planta y los trabajadores y estudiantes deben conocer y ser partícipes del mismo.

12. La seguridad del proceso se mantendrá con la calidad requerida.

Debe velarse por las condiciones del suelo de la biorrefinería. En este caso, la dirección del viento no afecta las emisiones de gases porque la planta estará bajo techo. Esto mismo ocurre así ante fenómenos naturales. No obstante, debe preverse la instalación de un extractor para cualquier pérdida del dióxido de carbono.

- Debe valorarse el cumplimiento de las normas de espacio entre equipos, así como las de espaciado de los equipos para trabajar en condiciones favorables. Establecer los criterios de iluminación del local, sistemas de ventilación, entre otros.

- Debe valorarse la posibilidad de deposición de los residuales sólidos provenientes de la planta, tales como la cáscara, la fibra de la almendra que queda después del proceso de extracción. Deba valorarse su utilización en otros procesos.

- Existe la instalación de manómetros y termómetros con rangos establecidos para las condiciones de operación. Estos instrumentos deben someterse a un proceso de calibración periódico.

BIBLIOGRAFÍA

- Adejumo, B. A.; Alakowe, A.T. y Obi, D. E. Effect of Heat Treatment on the Characteristics and Oil Yield of Moringa Oleifera Seeds, *International Journal of Engineering And Science (IJES)* 2013; 2(01):232-239.
- Nilani, P.; Pinaka, N. K.; Duraisamy, B.; Dhamodaran, P.; Jeyaprakash, M. R. Anthelmintic Activity of Moringa Oleifera Seed Oil - Validation of Traditional Use. *Adv. Scient. Res.* 2012; 3(2):65-66.
- Pérez, A.; Sánchez, T.; Armengol, N. y Reyes, F.. Características y potencialidades de *Moringa oleifera* Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 2010; 33(1).
- Vibhute, S.; Kasture, V.; Kasture, S.; Kendre, P.; Rupnar, S. y Pande, V. Design and characterization of Moringa oleifera seed oil impregnated antiinflammatory topical micro-dispersion, *Der Pharmacia Lettre* 2015; 7 (3):7-16.

ANEXO I. Resultados de la implementación de las encuestas.

<i>Contenido a evaluar</i>	<i>Nota máxima</i>	<i>Nota final</i>
1. Existencia de documentación que relacionan las responsabilidades de los niveles de dirección.	5	5
Del director (administrador), de los jefes de producción, mantenimiento y de turno, del especialista de SST, trabajadores.	5	5
2. Existencia de documentación del Sistema de Seguridad Industrial en situación normal.(normas, procedimientos e instrucciones)	10	10
La política de SST está definida, divulgada, se conoce por todo el personal y se cumplen todas las áreas de la empresa.	2	2
Procedimientos que conforman la documentación del Sistema de Seguridad Industrial en situación normal: para la Organización de los Trabajos Peligrosos, para la Organización de la Gestión de Riesgo, etc.	2	2
Sistemas de Registros Operativos: Libros de Control de la Técnica de Seguridad, de Trabajos peligrosos, de Platos Ciegos, etc.	2	2
Otros Registros de uso General: Libros de Defectos para cada especialidad y de Control de Evaluaciones Expediente de Instrucción Personal. Tarjeta de Control de los Medios de Protección Individual Registro para el Control de la capacitación de la Instrucción Inicial General. Inventario de Riesgos.	2	2
Existen otros Documentos Básicos: Normas de proceso, Instrucciones por Puestos de Trabajo Instrucción Inicial General de Seguridad e Higiene Industrial Normas de Seguridad para Trabajos Peligrosos que se ejecutan en la Empresa.	2	2
3. Identificación de todos los trabajos peligrosos que se ejecutan en el área	10	10
Se tiene debidamente identificados los Trabajos Peligrosos en la Empresa y creado el Sistema organizativo, con todos los elementos básicos y requerimientos, que garanticen: minimizar y controlar los riesgos durante la ejecución de estos trabajos.	5	5
Se tiene un documento para la capacitación del personal que ejecuta Trabajos Peligrosos.	2,5	2,5
Se tiene un Sistema de Formalización de Permisos para la ejecución de estos Trabajos Peligrosos, es decir: Quiénes pueden solicitar los Permisos para ejecutar Trabajos Peligrosos y cómo lo hacen El sistema de coordinación con las áreas y/o especialidades que se requieran, para la ejecución de un Trabajo Peligroso Quiénes lo autorizan y lo aprueban y el sistema de conservación de los permisos ya ejecutados	2,5	2,5
4. Identificación y control de los riesgos que permitan eliminar o reducir los accidentes y mejorar las condiciones de trabajo	10	10
Se dispone de un Registro de los Factores de Riesgo así como del personal expuesto a ellos. Se reconocen los efectos a la salud causados por agentes ambientales de cualquier índole	3	3
Existe un Inventario de todos los Factores de Riesgo. Existen programas preventivos	3	3
Existe un Control de los Factores de Riesgo Se eliminan los factores de riesgo o su reducción hasta niveles mínimos. Se ejecutan los exámenes preventivos y cumplen los planes y programas preventivos	4	4
5. Establecimiento del sistema de investigación de los accidentes e incidentes	10	10
Están establecidos del Sistema de Investigación de los Accidentes e Incidentes ocurridos.	4	4
Se elaboran de los Informes sobre Accidente. Registro y control	3	3
Existen los indicadores para medir la accidentalidad. (Índices de Frecuencia, de Incidencia y de Gravedad)	4	4
6. Organización y seguridad de la Gestión de transportación de Sustancias Peligrosas.	5	5
Requerimientos al chofer encargado de la transportación	1,5	1,5
Requerimientos técnicos al equipo encargado de la transportación.	1,5	1,5
Medios de protección individual y de incendios con los que debe estar equipado el medio de transporte	1	1
Forma de coordinación de la transportación con los organismos competentes (Defensa Civil, MININT).	1	1

7. Organización de la Protección Contra Incendio (PCI).	10	8
Se tiene organizada la Protección Contra Incendios en la Empresa	1,5	1,5
Se limita la propagación y extinción de los incendios.	2	2
Se tiene organizada las fuerzas voluntarias y profesionales que trabajan en la PCI en las instalaciones de la Empresa.	1,5	1,5
Existen los medios contra incendios. Sistema interior y exterior de agua Medios portátiles y transportables, cajas de arena, etc.	5	3
8. Se realizan Seminarios Iniciales Periódicos y Simulacros de Averías como parte de la capacitación periódica de los trabajadores.	5	2,5
A los trabajadores de nuevo ingreso se le brinda los conocimientos sobre las características de la Empresa y de su puesto de trabajo en específico	1	1
Se realizan seminarios periódicos con el objetivo de capacitar al trabajador en los aspectos de Seguridad Industrial y protección contra incendios, de su área y puesto de trabajo.	1	0,5
Se realizan simulacros de averías periódicamente	2	0
Existen documentos de plazos y comprobación de los conocimientos e Instrucciones Iniciales y Periódicas a los trabajadores.	1	1
9. Existe el Plan de Liquidación de Avería.	10	8
Existe como documento el Plan de Liquidación de Averías en el puesto de trabajo en el cual pueda ocurrir accidentes	3	2
El Plan de Liquidación de Averías tiene contempladas además de las averías por escape de sustancias tóxicas, las de incendios, explosiones, etc.	3	2
El contenido mínimo que contiene el Plan es: Denominación de averías, acción del personal para minimizar los efectos del accidente, medidas para el salvamento del personal que se encuentra en la zona de avería, entre otras.	4	4
10. Están establecidos los lineamientos de salud ocupacional	5	3
Todo trabajador de nuevo ingreso se somete examen médico pre-empleo	2	2
Esta establecido realizar el examen médico periódico a cada obrero anualmente y al personal de oficinas cada dos años	1	0
Se realiza el examen médico por riesgo específico al trabajador expuesto a determinado riesgo que por su toxicidad o peligrosidad requiera de pruebas biológicas y funcionales específicas	2	1
11. Existe el movimiento de áreas protegidas.	5	0
Están declaradas áreas protegidas	3	0
Los trabajadores conocen este movimiento.	0	0
12. La seguridad del proceso se mantiene con la calidad requerida.	15	13,5
Ubicación de la planta: suelo agresivo, dirección del viento, población, fenómenos naturales, etc.	2	2
Diseño de las áreas de trabajo: espaciado x m ² de equipo x trabajador, pañoles, taller de soldaduras, áreas de fumar, sistemas de ventilación e iluminación, cromatismo, ruidos, vibraciones	2	1,5
Los equipos tecnológicos y accesorios trabajan con las condiciones seguras (sin riesgos o con el mínimo de ellos)	5	5
El tratamiento de los residuales se realiza con eficiencia.	2	0
Existencia y buen estado de los instrumentos de medición y control	2	1
Diseño de las edificaciones: existencias de paredes cortafuegos, ventilación, etc.	2	2
TOTAL	100	73