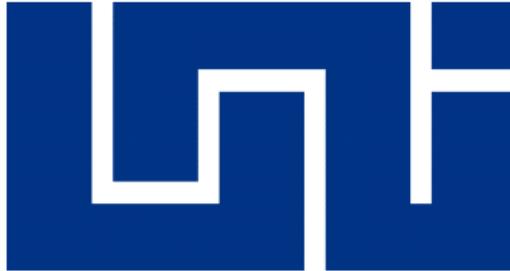


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**



**DISEÑO TECNOLÓGICO DE UNA LÍNEA DE PROCESO PARA OBTENER UNA
ESPECIE DESHIDRATADA DE CULANTRO (*Eryngium foetidum*), PARA
UTILIZARSE EN LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS.**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

Br. Lorna Virginia González Porta.

Br. Karen del Socorro Solís Ampie.

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

TUTOR:

Ing. Nelly Ivette Betanco Figueroa

Managua, Nicaragua.

Octubre, 2023.

Dedicatoria

A Dios primeramente por habernos dado la oportunidad de culminar nuestros estudios.

A mis padres Renaldo Javier Solís Delgadillo, Karla del Socorro Ampie Rivas, por el apoyo que me brindaron a lo largo de este camino.

(Karen Solís Ampie).

A mi madre Ana carolina Porta por ser mi motor para seguir adelante y siempre brindarme todo su apoyo a lo largo de mi vida.

(Lorna Virginia González Porta).

Finalmente, a cada una de las personas que nos apoyaron directamente e indirectamente para que pudiéramos culminar este trabajo.

Agradecimiento

A nuestra tutora Ing. Nelly Ivette Betanco Figueroa, muchas gracias por guiarnos y proveer lo mejor para esta culminación de esta tesis.

También nuestro tutor de taller Ing. Rolando Arroliga, que, si el no hubieras alcanzado nuestras metas de culminación de esta tesis, Muchas gracias.

A nuestro maestros, compañeros y amigos que fueron partes de estés procesos formativos.

A nosotros por perseverar a lo largo de este camino con paciencia y desempeño logramos terminar este trabajo monográfico.

En especial a un compañero y amigo que recorrió junto a nosotras este camino, que nos alentó para terminar este trabajo Rommel Arnulfo Obregón Espinoza (Q.E.P.D).

CARTA DEL PROFESOR TUTOR

En el presente trabajo de diploma: “**DISEÑO TECNOLÓGICO DE UNA LÍNEA DE PROCESOS PARA OBTENER UNA ESPECIE DESHIDRATADA DE CULANTRO (*Eryngium foetidum*), PARA UTILIZARSE EN LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS**”, llevado a cabo por las Br. Lorna Virginia González Porta y Br. Karen del Socorro Solís Ampie, se logró obtener un importante desarrollo en cuanto a tecnologías aplicadas incluyendo balances de materiales y energía, algo muy propio del ingeniero químico, con esto las bachilleres antes mencionadas tomaron experiencias en diseño de procesos y sus resultados pueden ser referencias a estudios posteriores.

Las Br. González Porta y Solís Ampie, pusieron de manifiesto su entusiasmo, constancia y tiempo extra para lograr culminar con este valioso trabajo, que se espera sea de mucho aporte a la investigación que se desarrolla en la facultad.

Señores Miembros del Jurado tienen en sus manos un excelente estudio, por lo cual solicito que brinden su juicio valorativo para que la bachillera alcance el grado de Ingeniero Químico.

Atentamente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Nelly Ivette Betanco Figueroa', written over a horizontal line.

Ing. Nelly Ivette Betanco Figueroa

Profesor Auxiliar- Tutor

Resumen

En el presente trabajo se diseñó una línea de proceso para obtener como producto terminado culantro (*Eryngium foetidum*) deshidratado para utilizarse en la preparación de alimentos, considerando aspectos principales de la ingeniería química como lo son las operaciones unitarias incluyendo sus condiciones de operación y tiempos de procesamiento.

De igual manera se definieron todas las operaciones de procesamiento adecuadas para la transformación de una especie fresca a una especie deshidratada, desde las iniciales de todo proceso de producción como son las de adecuación de la materia prima hasta las principales que son las de transformación como tal y las de etapa final de una línea de proceso, se pueden mencionar: selección, lavado, desinfección, deshidratación y/o secado, reducción de tamaño, empackado y almacenado destacando sus condiciones de operación principalmente en el caso de Secado o Deshidratado donde se consideran temperaturas en un rango de 40 a 80 °C manteniendo así las propiedades organolépticas de sabor y aroma de la especie en cuestión.

El balance de materiales se consideró bajo una base de cálculo de 4 000,0 Kg por mes de producción para establecer los cálculos y determinar los requerimientos de materia prima y sus condiciones de control en cada etapa del proceso. La base de cálculo fue considerada y analizada por el equipo de trabajo, las tesisistas y el tutor. El consumo de energía fue determinado bajo los equipos principales y los que demandan consumo energético establecidos en la línea de proceso, los cálculos fueron hechos bajo los conocimientos que se adquirieron durante nuestros estudios.

La selección de los equipos fue realizada bajo la búsqueda de información secundaria y de procesos similares de deshidratación de la materia prima, considerando que esta no perdiera propiedades organolépticas y que llegara con el olor y aroma característico de la especie fresca. De igual manera se establecieron equipos y accesorios secundarios como lo son las mesas y balanzas necesarios para un buen control operacional en el proceso. Se consideró y aplicó las recomendaciones que hace el RTCA sobre Buenas Practicas de Manufacturas para establecer una buena distribución de la línea de producción y evitar contaminación del producto alimenticio.

Contenido

| | |
|---|----|
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| A. General | 3 |
| B. Especifico | 3 |
| III. MARCO TEÓRICO | 4 |
| Usos del Culantro..... | 5 |
| Hierbas Deshidratadas | 7 |
| Valor Nutricional. | 7 |
| Nutrientes del Culantro..... | 8 |
| Proceso de Deshidratación de Especies..... | 9 |
| Métodos de Secado | 12 |
| IV. Marco Metodológico. | 15 |
| Tipo de estudio | 15 |
| Procedimientos y métodos. | 15 |
| V. Resultados | 17 |
| Descripción de las operaciones necesarias para la transformación de la materia prima fresca culantro en una especie deshidratada..... | 17 |
| Aspectos Ambientales durante el procesamiento | 24 |
| Requerimientos de Materia Prima e Insumos. | 24 |
| Requerimiento de equipos y energía para la operación de la línea de proceso..... | 27 |
| Requerimiento de Energía | 33 |
| VI. Conclusiones | 35 |
| VII. Recomendaciones | 36 |
| IX. Bibliografía | 37 |
| VIII. Anexos | 38 |
| Anexo 1. Ecuaciones Generales de Cálculos de Balances de Materiales y Energía..... | 38 |
| Anexo 2. Secado de plantas aromáticas comestibles | 39 |
| Anexo 3. Acápite 5.2, incisos g y h del REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 67.01.33:06 | 42 |

I. INTRODUCCION

El culantro *Eryngium foetidum* es una hierba tropical perenne y anual de la familia apiaceae. Es nativa de América tropical donde crece de forma silvestre, pero se cultiva en todo el mundo tropical. Es utilizada como condimento por su olor y sabor característico, muy semejante al *Coriandrum sativum* o cilantro europeo pero más fuerte y de hojas significativamente más duras.

Según la FAO (2017), Nicaragua es un pequeño productor de especias dentro de estas destacan: ajo, romero, orégano, pimienta, comino, cilantro, entre otros siendo las zonas de la RAAS, Nueva Guinea y otras ciudades aledañas quienes la cultivan. Es común encontrarse esta planta en Nicaragua sin embargo su uso es meramente casero, por sus componentes contiene gran valor nutritivo, pero hasta el momento en el país no se encuentra a nivel industrializado.

El culantro, adquiere una particular connotación económica social en nuestra región principalmente para los productores pequeños; por ello en la existencia del cultivo significa un rubro importante para generar el ingreso de los productores de culantro a pesar de las limitaciones entre las que destaca la inadecuada utilización de los canales de comercialización interna del producto, el desconocimiento del manejo de los precios de compra y venta en el mercado nacional.

La industria alimentaria, consciente del creciente interés del consumidor por adquirir condimentos a base de mezcla de especias que faciliten su uso en la dieta diaria, los provee en envases prácticos y funcionales para ser empleados en casa. Desde que se comenzaron a usar los sazonzadores estos fueron uno de los productos más caros y valiosos en la industria, por el importante papel que presentaban algunos como conservante. El valor agregado que se le imprime a estos productos es una verdadera satisfacción para la necesidad del consumidor. (Toda especia, junio 2011. Sazonador de especias. Noviembre 2017, de toda especia)

El IICA en Nicaragua ha venido incursionando en la búsqueda de información nueva útil y práctica para facilitar ejecutar trámites a productores que pueda identificar oportunidades de negocios en el ámbito agropecuario. Cabe destacar que no existe industrialización del culantro, aunque se podría adaptar la metodología para proporcionar un mayor valor agregado al mismo.

La elaboración de culantro deshidratado es una idea que nace del hecho de brindar un valor agregado, generando un producto que no se encuentra a nivel semi-industrial o industrial en Nicaragua. Además, propone una alternativa de superación económica para los pequeños productores de culantro, pues que incrementara la demanda con la fabricación de este producto, por lo tanto, este trabajo tiene el propósito de desarrollar un diseño tecnológico de procesos para obtener culantro (*Eryngium foetidum*) deshidratado para utilizarse en la industria alimentaria.

II. OBJETIVOS

A. General

Diseñar una línea de procesos para obtener culantro (*Eryngium Foetidum*) como especie deshidratada para utilizarse en la preparación de alimentos.

B. Especifico

1. Establecer las operaciones de procesamientos necesarias para la transformación de la materia prima fresca culantro en una especie deshidratada.
2. Calcular los balances de materia y energía, estableciendo las eficiencias de transformación en las operaciones que integran la línea de procesos.
3. Seleccionar los equipos tecnológicos de la línea de procesos de acuerdo al volumen de producción a trabajarse en la línea de procesamiento.
4. Establecer en un plano general unitario una distribución adecuada considerando algunos aspectos de las instalaciones físicas del área de proceso y almacenamiento de las buenas prácticas de manufacturas con el fin de cumplir dichos requerimientos.

III. MARCO TEÓRICO

Eryngium foetidum, llamada popularmente cilantro, cilantro habanero, cilantro de monte, cilantrón, cilantro camino, chillangua, o culantro coyote, recaó (Puerto Rico), alcapate (El Salvador) y (México) o sachaculantro (Perú) en varios países de América para distinguirla de la más tradicional *Coriandrum sativum*, es una hierba comestible tropical perenne y anual de la familia Apiaceae. Es nativa de América tropical donde crece de forma silvestre, pero se cultiva en todo el mundo tropical. Es utilizada como condimento por su olor y sabor característico, muy semejante al *Coriandrum sativum* o cilantro europeo pero más fuerte y de hojas significativamente más duras.

Son hierbas profusamente ramificadas, que alcanzan un tamaño de 0.5–6 dm de alto. Hojas lanceoladas a oblanceoladas, de 3–30 cm de largo y 1–5 cm de ancho, crenadas a finamente espinuloso-serradas, adelgazadas en la base formando un pecíolo corto y alado. Inflorescencias dicasios ampliamente ramificados, con capítulos 7–11 mm de largo y 3–5 mm de ancho, verde-amarillentos, brácteas involucrales 5–6, lanceoladas, foliáceas, 1–4 cm de largo, excediendo los capítulos, Bractéolas lineares o lanceoladas, 2–3 mm de largo, excediendo los frutos. Fruto globoso, comprimido lateralmente, 1,5-2.0 mm de diámetro, densamente cubierto por vescículas globosas de color pajizo.

Las especias son condimentos que han tenido un gran protagonismo desde la historia de las civilizaciones hasta nuestros días. Mejoran la conservación de los alimentos y les transmiten sabor. Las especias provienen de las semillas, raíces, cortezas, bayas y capullos de las plantas. Por lo general se encuentran secas. Según la FAO Nicaragua es un leve país productor de especias dentro de estas destacan: ajo, romero, orégano, pimienta, comino, cilantro, entre otros siendo las zonas de la RAAS nueva guinea y otras ciudades aledañas quienes la cultivan.

La industria alimentaria, consiente del creciente interés del consumidor por adquirir condimentos a base de mezcla de especias que faciliten su uso en la dieta diaria, los provee en envases prácticos y funcionales para ser empleados en casa. Las mezclas o sazónadores de especias se encuentran en el mercado con nombres atractivos que aluden a las regiones y países que buscan identificar con la mezcla aromatizante. En otros casos, la denominación responde a la del alimento al que van destinados, como los sazónadores de pasta, carne, barbacoa o pescado. (Jiménez R. junio 2009, Hiervas y especias. Noviembre 2017, de FAO)

Usos del Culantro.

Gastronomía

En muchos países de Latinoamérica tropical como Brasil, México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Venezuela, Puerto Rico, Panamá, Colombia, Ecuador, Nicaragua, República Dominicana y Cuba, las hojas se usan frescas, enteras o picadas, en forma sucedánea al cilantro y perejil.

En el Perú es un ingrediente básico de la gastronomía amazónica, donde se le conoce como "sacha culantro", para diferenciarlo del *Coriandrum sativum*, hierba de uso común en la gastronomía del resto del país y conocida allí como "culantro".

En Venezuela se le conoce como cilantro de monte. En Ecuador es típico de la comida afroecuatoriana, especialmente en Esmeraldas, donde se lo conoce como chillangua.

En Panamá se mezcla con perejil, ajo, cebolla y cebollina para preparar el "recao verde", condimento muy utilizado en la preparación de diversos guisos, salsas y sopas. Hojas frescas de culantro son un ingrediente esencial del sancocho. En México las hojas frescas se utilizan para dar sabor al "arroz blanco", de igual manera se adicionan a la crema de habas que usualmente se consume en la época de semana Santa. No se tiene registro de cultivos comerciales, crece de manera silvestre en el traspatio de casas y huertos.

Actualmente su cultivo en Panamá se hace en forma comercial, ya que su demanda en la gastronomía panameña es bastante alta.

Medicina popular

Su principal uso medicinal es resolver varios problemas del aparato digestivo, como diarrea, disentería, meteorismo y como estimulante del apetito. Se emplean las hojas en cocción, administrada de manera oral, o por medio de lavados rectales. Se utiliza en padecimientos ginecológicos, en casos de amenorrea y hemorragias internas; para promover el parto, se emplea la raíz en té, administrado antes o después del parto; y para curar el congelado (enfermedad de la mujer que ha abortado) se prescribe un té con la raíz de esta especie más yerba Martín (*Hyptis verticillata*), hojas de jobillo, romero, alucema (spp. n/r), cáscaras de jícara (*Crescentia cujete*), manzanilla (*Malvaviscus arboreus*), semillas de aguacate (*Persea americana*) y las de pío (*Licania platypus*) partidas en cruz y sal; de esto se bebe una dosis caliente. Para aliviar el asma la hoja se ingiere batida con miel. Además, se le utiliza contra inflamaciones y dolor de rodillas.

Beneficios para la salud por comer Culantro

Inflamaciones: Posee propiedades antirreumáticas y antiartríticas que reducen las inflamaciones causadas por estas dos condiciones. Por otra parte, sus propiedades diuréticas lo hacen muy útil para tratar cualquier disfunción de los riñones.

Colesterol: Algunos de los ácidos presentes en el cilantro reducen los niveles de colesterol en sangre. También reducen la acumulación de este compuesto en las paredes internas de venas y arterias.

Diarrea: Los componentes de sus aceites esenciales favorecen la digestión, ayudan al funcionamiento adecuado del hígado y del intestino, y curan la diarrea. El cilantro también es útil para tratar las diarreas causadas por la acción microbiana y fúngica. Además, las hojas frescas de cilantro son excelentes como aperitivo.

Química

Las hojas y flores de *E. foetidum* contienen un aceite esencial en el que se han detectado los componentes fenílicos 4-hidroxi-3,5-dimetil-acetofenona, 2-4-5-trimetil-benzaldehído y ácido 3-4-dimetil-benzoico; los monoterpenos para-cimeno, y alfa-pineno y el ácido graso raro ácido cáprico. Se describe en la literatura que la raíz contiene saponinas, y las partes aéreas, caroteno.

Se pueden clasificar las hierbas y condimentos en dos grupos, los que modifican, tanto el sabor, como el aspecto de los alimentos, en este grupo estarían el azafrán, la canela, el tomillo y el romero, entre otros; y los que excitan el paladar, entre las que se encuentran la pimienta, el pimentón, la nuez moscada y las diversas variedades de chiles. La cantidad de platos que se pueden cocinar con unas y otras, tanto solas como mezcladas, es muy elevada; esto hace que las distintas cocinas de cada cultura adquieran un toque característico.

Desde que comenzaron a usar los sazonadores estos fueron uno de los productos más caros y valiosos en la industria, por el importante papel que presentaban algunos como conservante. El valor agregado que se le imprime a estos productos es una verdadera satisfacción para la necesidad del consumidor. (Toda especia, junio 2011. Sazonador de especias. Noviembre 2017, de toda especia)

Hierbas Deshidratadas

Las perchas de supermercados están llenas de frascos con los nombres de las hojas más comunes en la cocina local. Perejil, cilantro, albahaca y orégano son algunas de ellas. En casa, el orégano es una de las hierbas que más se ha popularizado en formato de hoja seca. Acompaña en pizzas o pastas sin ningún reparo. Mientras que las hojas como el perejil y el cilantro se acostumbran a consumir tan frescas como se pueda. Las hierbas secas pueden ayudar en la cocina en ciertas circunstancias.

Las hojas deshidratadas tienen una gran ventaja y es que tienen un mayor tiempo de duración. Mientras que una albahaca en refrigeración puede resistir una semana, deshidratada pueda superar el mes.

El proceso de deshidratación consiste en extraer todo el líquido que contiene un producto, con lo que se elimina así la posibilidad de proliferación de bacterias y descomposición, y eso provoca que dure más tiempo. En el caso de las hojas que se utilizan en la cocina, resulta más útil guardarlas en casa en lugar de desechar las hojas frescas que se han descompuesto. Es preferible guardarlas en lugares donde no les llegue el sol.

Valor Nutricional.

Esta planta *E. foetidum* se caracteriza por contener múltiples nutrientes, entre vitaminas (A y C) y minerales, hierro, calcio y fósforo; también es muy recomendado por nutricionistas debido a sus bajas calorías. Sus propiedades curativas son muchas, las cuales ayudan a tratar diferentes enfermedades, como el colesterol, la fiebre, diarrea, hepatitis y la gripe.

Así mismo debido a sus grandes beneficios como antioxidante, tiene la capacidad de mejorar y expulsar los desechos, evitando diversos problemas en el tracto digestivo, como el estreñimiento. Ya que es una planta con una gran presencia de agua, permite mantener los riñones más limpios y funcionales.

Y por si fuera poco gracias a su fuerte aroma, las hojas del culantro pueden ayudar a reducir el mal aliento, el cual es causado por las diversas bacterias que se encuentran en la boca. Sin duda alguna son muchas las propiedades que posee esta planta, la cual debemos incluir en nuestros alimentos.

El sabor

Las hojas frescas aportan con un sabor más pronunciado, añaden color a las **comidas**, sobre todo a las tradicionales como el **ceviche**. Los condimentos aportan aroma y en las hojas deshidratadas este se mantiene, aunque desaparezca el color pronunciado y la forma de las hierbas.

En Nicaragua existen una cantidad de productores importantes de Culantro quienes abastecen la demanda en el mercado nacional, sin embargo, el uso de este solo ha sido únicamente artesanal es decir no se ha brindado un mayor valor agregado. La elaboración de culantro deshidratado conllevará a un mejor aprovechamiento de esta materia prima y aportará una mejor condición económica de los pequeños productores.

Tabla 1. Composición Nutricional por 100 grs.

| Composición | Cantidad (gr) | (%) |
|---------------|---------------|--------|
| Kcalorías | 298 | 15.6% |
| Carbohidratos | 54.99 | 17.7% |
| Proteínas | 12.37 | 25.9% |
| Fibra | 41.9 | 139.7% |
| Grasas | 17.77 | 33.4% |
| Minerales | Cantidad (mg) | (%) |
| Sodio | 35 | 2.2% |
| Calcio | 709 | 59.1% |
| Hierro | 16.32 | 204% |
| Fósforo | 409 | 58.4% |
| Potasio | 1267 | 63.4% |
| Vitaminas | Cantidad (mg) | (%) |
| Vitamina B1 | 0.24 | 20% |
| Vitamina B2 | 0.29 | 22.3% |
| Vitamina B3 | 2.13 | 0% |
| Vitamina C | 21 | 23.3% |

Fuente: <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/cilantro-beneficios-informacionnutricional--f73>

Proceso de Deshidratación de Especies.

La razón más importante desde el punto de vista técnico por la que se secan las hierbas es su conservación; por este método se promueve el mantenimiento de los componentes del vegetal fresco y se evita la proliferación de microorganismos.

También hay aspectos comerciales: la desecación debe llevarse a cabo en las mejores condiciones para que las hierbas no pierdan nada del aspecto que deben presentar, para que cautiven y ejerzan la mayor atracción, así serán más apreciadas, más demandadas y, sobre todo, mejor pagadas.

Pero la cantidad de agua a extraer no debe superar ciertos valores, la planta no debe presentarse al comercio reseca y quebradiza, tal que al manipularla se convierta en polvo. En general, en el comercio existen valores establecidos de contenido de humedad para cada hierba o sus partes.

Tabla 2. Humedad de Algunas Hierbas

| VARIEDAD DE HIERBAS | HUMEDAD MAXIMA |
|---------------------|----------------|
| ALBAHACA DULCE | 10% |
| LAUREL HOJAS | 9% |
| ENELDO | 10% |
| MEJORANA | 10% |
| OREGANO | 11% |
| ROMERO | 9% |
| SALVIA | 10% |
| ESTRAGON | 10% |
| TOMILLO | 9% |
| AJEDREA | 12% |

Fuente: <http://www.herbotecnia.com.ar/poscosecha-secadoMetodos.htm>

El aire es el que absorbe el vapor de agua que se retira de las plantas por lo que no debe estar saturado, es decir, su humedad relativa debe ser baja, sea tanto que se utilice secado al aire libre como secado mecánico, y deberá renovarse a medida que sea necesario en tanto el producto no haya cedido el agua que contiene en exceso.

Los productos que se deben secar o las partes de las plantas de los vegetales que se someten a desecado pueden ser hojas, flores, frutos, semillas, raíces, cortezas, o plantas enteras, que a menudo se hallan al estado herbáceo. Cada una de estas

partes puede estar completamente aislado de los otros o tener adherida una parte, como las hojas con una parte de las ramas, la raíz completa o descortezada o bien con el rizoma, etc.

Cada producto reclama una desecación diferente, no solamente por la cantidad de agua que contiene, sino por el aspecto que debe presentar; las hierbas y las hojas deben secarse por lo común a temperatura moderada, en presencia de una cantidad grande de agua; las raíces, cortezas y rizomas pueden desecarse a temperaturas algo mayores. Algunos productos pueden ponerse al sol, como las raíces de angélica y belladona; otros deben secarse únicamente a la sombra para que conserven el color natural, tal el caso de las hojas de angélica que en caso contrario se tornarían amarillas, las flores de acacia que se ennegrecerían, etc., en ambos casos evitando su exposición al rocío y la lluvia.

Podemos utilizar diversos métodos para el secado, sea que lo realicemos utilizando la energía solar en forma natural pasiva o activa, o mecánica; de éstas dos últimas el más utilizado es el secado por aire caliente forzado.

En los casos de desecación natural pasiva las hierbas son colocadas a la acción del aire a la temperatura ambiente para que se des sequen; en la desecación natural activa se utiliza aire previamente calentado por el sol colectado en una superficie determinada y se lo fuerza hacia un túnel donde se encuentran las hierbas. En el secado mecánico estricto el calor utilizado proviene de fuentes no renovables, como gas, leña, etc.

Más, siempre convendrá realizarlo en condiciones que no permitan la contaminación del vegetal ni la disminución de su calidad terapéutica y comercial.

Hay diversos métodos para deshidratar las hierbas, que pueden clasificarse, entre otras formas, de la siguiente manera:

- a.-** Desecación por aire caliente.
- b.-** Desecación por contacto directo con una superficie caliente.
- c.-** Desecación por aporte de energía de una fuente radiante de microondas o dieléctrica.
- d.-** Liofilización.

De ellos, el más utilizado es la aplicación de una corriente de aire caliente. Sobre este método haré algunas consideraciones con la intención de ayudar a comprender el proceso y su control.

Al desecar una hierba húmeda con aire caliente, el aire que aplicamos aporta el calor para la evaporación de la humedad y actúa como transporte para eliminar el vapor de agua que se forma en la cercanía de la superficie de evaporación.

Si consideramos un sólido inerte, mojado con agua pura, que se deseca en una corriente de aire caliente que circula paralelamente a la superficie de desecación, y suponiendo además que la temperatura y la humedad del aire sobre la superficie del sólido se mantienen constantes durante todo el ciclo de desecado y que todo el calor necesario es aportado por dicha corriente de aire.

El contenido de humedad del sólido durante su desecación muestra, por lo general, tres fases:

1. **Fase 1: "estabilización"**, en la cual las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de secado. Generalmente es una proporción despreciable del total tiempo total de secado.
2. **Fase 2: "período de velocidad constante"**, durante el mismo la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el interior del sólido hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de la evaporación en la superficie. Durante esta etapa la temperatura del aire puede ser un poco mayor que la temperatura crítica que puede alcanzar la hierba, dentro de ciertos límites.
3. **Fase 3: "período de velocidad decreciente"**, la superficie del sólido comienza a desecarse porque el agua que aún se halla en su interior encuentra dificultades para llegar a la superficie del sólido.

La temperatura del sólido comienza a elevarse hasta aproximarse a la temperatura del aire de secado cuando el producto se ha desecado totalmente.

Esto es lo que determina que la temperatura del aire deba moderarse para evitar que las temperaturas de las hierbas superen la temperatura crítica (generalmente entre 35 y 45° C). Por lo normal esta fase 3 constituye la mayor proporción del tiempo total del secado.

Las consideraciones que se ejemplificaron tienen validez para sistemas simples y aunque las hierbas durante el secado se comportan siguiendo patrones similares al descrito, constituyen sistemas mucho más complejos y heterogéneos; entre sus componentes figuran proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas, enzimas y sales inorgánicas y muchos de estos componentes están fuertemente hidratados.

Se puede agregar que, cada secadora tiene un comportamiento propio, incluso para un sistema similar de secado, por lo cual es importante conocerla y calibrarla bien para obtener una buena calidad de producto.

Por eso es conveniente consultar con una empresa dedicada especialmente a la fabricación de secadoras de hierbas, para ajustar el tamaño de la secadora y otros requerimientos al tamaño de la explotación.

Métodos de Secado

Deshidratación Solar

Para deshidratar alimentos al sol, (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2010), es necesario hacerlo en días muy soleados, con temperaturas superiores a los 29.44 °C y con humedad relativa debajo del 60%. Es necesario construir un deshidratador de madera o metal para concentrar el calor y mantener los alimentos libres del polvo, insectos y otros contaminantes que interfieran con el producto final.

Deshidratación Mecánica

La deshidratación usando medios eléctricos es más rápida, pero es más costosa debido al consumo de energía. Esta puede realizarse usando hornos convencionales, colocando los alimentos en capas delgadas en una bandeja a una temperatura de 160 °F por 30 min. También puede usarse deshidratadores, a una temperatura de 145 °F por un período de 6 a 8 horas dependiendo del contenido de agua del producto que va a ser deshidratado. Hay que realizar chequeos periódicos del producto en el secador. Cuando el alimento ha perdido su brillantez y al apretarla ya no libera humedad, está lista para ser empacada (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2010).

Tecnologías para el Procesamiento

Es necesario describir que existen dos diferentes métodos para la obtención de productos deshidratados, dentro de los cuales hay una gran variedad de maquinaria por cada uno de ellos, por ende, a continuación, se describen algunos de los equipos más utilizados en el proceso de deshidratación de alimentos.

Secado al Ambiente

Se utilizan las condiciones ambientales (sol y viento) para eliminar agua del producto (Michelis, 2013). Para ello se debe contar con una cancha de secado esta debe construirse lejos de caminos y apartado de focos de infección o malos olores (drenajes sanitarios, corrales, establos, etc.). Se puede construir o utilizar si existe un patio de cemento o se nivela el terreno y se construye la cancha con piedra.

Esto genera un piso limpio y de fácil limpieza. Además, y tanto el cemento como la piedra, se calientan por acción del sol y esto ayuda a mejorar el secado. El tamaño de la cancha de secado depende de la cantidad y tamaño de las bandejas que se utilicen. (Michelis,2013).

Secador de Bandejas

Normalmente funciona en régimen intermitente. Está formado por una cámara metálica rectangular que contiene dos soportes móviles sobre los que se apoyan los bastidores, cada bastidor lleva un cierto número de bandejas poco profundas montadas una sobre otras con separación conveniente que se cargan con el material a secar (Universidad Politécnica de Valencia, 2016).

Horno Secador o Secado al Horno

Es el más simple y consta de un pequeño recinto paralelepípedica de dos pisos. El aire seco se calienta en un quemador de piso inferior y atraviesa por convección natural forzada el segundo piso perforado en el que se asienta el lecho de producto a secar. (Universidad Politécnica de Valencia, 2016).

Deshidratador por aire forzado con calentamiento indirecto

Toma el aire del exterior del horno, lo filtra, lo calienta, a temperatura seleccionada, lo pasa a través del producto, este arrastra la humedad superficial del género y comienza la desecación, por capilaridad en las fibras del producto. Este equipo es ideal para vegetales de cuerpo morrones, peras, manzanas, tomates, ciruelas, para productos del mar de pequeños volúmenes, para pastas secas, etc. (Escobar, 2015).

Deshidratador por aire forzado con calentamiento de aire a recirculación

Este horno es similar al anterior pero el ciclo de circulación del aire es cerrado sin ventilación o renovaciones del aire, y para bajar la humedad del aire usa periodos de escarcho secando el aire con una unidad evaporadora de refrigeración este horno es ideal para el secado de cárnicos, embutidos y quesos (Escobar, 2015).

IV. Marco Metodológico.

Toda investigación se fundamenta en un marco metodológico, en la cual se define el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias y procedimientos a utilizar en el estudio que se desarrollan.

Tipo de estudio

Esta metodología está basada en principios descriptivos y cualitativos para el desarrollo de esta línea de proceso las cuales nos permitirán recomendar las maquinarias adecuadas para dicho proceso, se usaron principalmente principios técnicos para las operaciones principales del proceso tecnológico de deshidratación y/o de secado.

Procedimientos y métodos.

Para recolección de la información se usaron fuentes secundarias que permitieron revisar y complementar los antecedentes, marco teórico, junto a la documentación necesaria para la selección de la información en cuanto a la ubicación, organización y montajes de una línea de proceso de productos deshidratado.

El proceso tecnológico se conformó analizando las operaciones unitarias para ir transformando la materia prima a producto final según las necesidades de equipos en diferentes etapas.

Para realizar los balances de materiales y establecer un diagrama de flujo se estableció **una base de cálculo**, la cual fue considerada con una relación de producción con otra especie fresca en cuanto a cantidades a procesar y cantidades a obtener como producto terminado.

De la misma manera se consideraron los requerimientos de energía para los equipos que demandarán energía para su funcionamiento, bajo los cálculos considerando potencia y horas de trabajo para determinar la cantidad de energía requerida por ciclo de producción.

En el mismo procedimiento se consideraron pérdidas en algunas operaciones unitarias y fueron considerados como parte del proceso para establecer los rendimientos y/o eficiencias de producción de forma teórica.

De acuerdo al tipo de transformación se seleccionaron las operaciones unitarias, los equipos, y una distribución de la línea de procesamiento, se hará según las recomendaciones y factores incluidos en el Reglamento Técnico Centroamericano para las Buenas Prácticas de Manufacturas, RTCA, documento oficial vigente en el país. En anexo se plantea el acápite relacionado a la distribución de la línea de proceso.

Los planos fueron detallados y elaborados bajo la norma ISO 10628, es una norma que establece las reglas generales que se han de seguir en la elaboración de los diagramas de flujo para las plantas de proceso. Estos diagramas muestran la configuración y el funcionamiento de las plantas en cuestión y son parte integrante de la documentación técnica que se requiere para planificar, concebir, construir, gestionar, poner en servicio, hacer funcionar, mantener y poner fuera de servicio una planta.

Para el caso del diagrama de flujo de proceso representa un proceso o una planta de proceso por medio de símbolos gráficos unidos mediante líneas. Los símbolos gráficos representan los equipos y las líneas representan los flujos de masa o energía o los transportes de energía.

La información básica del diagrama de flujo de proceso utilizó símbolos gráficos y contiene al menos la siguiente información:

- a) tipos de equipos necesarios para realizar el proceso, exceptuando las transmisiones;
- b) denominación de referencia de los equipos, exceptuando las transmisiones;
- c) recorrido y sentido de los flujos de entrada y salida de materiales y energía;
- d) denominación y caudal de los flujos de entrada y salida de materiales;
- e) denominación de los flujos de energía o transportes de energía;
- f) condiciones de funcionamiento características.

V. Resultados.

En este acápite se presentan los resultados obtenidos de la búsqueda de información de fuentes secundarias, de los resultados de los balances de materiales y energía bajo cálculos, la selección final de los equipos necesarios para darle valor agregado a la materia prima o lograr su transformación y una distribución de la línea de proceso considerando las buenas prácticas de manufacturas.

Descripción de las operaciones necesarias para la transformación de la materia prima fresca culantro en una especie deshidratada.

Según la información encontrada, analizada y establecida para diseñar una línea de proceso para la transformación de la materia prima seleccionada para este trabajo, se detalla a continuación.

Se describieron las diferentes operaciones unitarias para lograr el objetivo de transformar una especie fresca a una especie deshidratada para ser utilizada como condimento en la preparación de alimentos.

Selección de la Materia Prima

Una primera operación es la Recepción y Selección de la materia prima, esta se recibirá de parte de los proveedores a los cuales se les darán las instrucciones de cómo se debe de remitir la materia prima a la planta, a esta se le evaluará la calidad mediante pruebas organolépticas (olor, color y textura). Se retirarán aquellas hojas que lleguen con defectos y/o colores oscuros como quemadas o apariencia no deseada libres de contaminantes como tierra y/u hojas diferentes a la materia prima.

La selección e inocuidad de la materia prima configura el éxito principal para llegar con calidad al producto terminado (Gascón, Muravnick, & Andreuccetti, 2006).

Lavado, Desinfección y Enjuague

Una vez verificada la calidad de la materia prima se procede a la etapa de lavado, el tiempo estimado para el lote de trabajo se estableció en 20 minutos por su textura y cantidad de materia prima y a la vez aplicar la operación de desinfección por algunas impurezas que pudieran contener las hojas.

El lavado se realiza con el fin de eliminar suciedad y posibles restos de sustancias tóxicas como plaguicidas y herbicidas. El lavado puede combinar inmersión en agua y aspersion con picos aspersores. En todos los casos se debe utilizar agua potable o agua de pozo a la que se adiciona alrededor de 6 ppm de cloro activo por cada 100 litros. Es necesario aclarar que esta dosificación de cloro corresponde al agua que ha de ser utilizada sólo para lavado o agua de limpieza de equipos.

Enjuagado

Esta operación se realizó por inmersión en agua potable con el objetivo de eliminar el exceso de cloro utilizado en la desinfección.

Ecurrido

Una vez lavado el lote de materia prima se considera un tiempo mínimo de 2 horas para escurrir dicho lote antes de llegar a la etapa de secado. El escurrido se hace en bandejas de acero inoxidable con parrillas con el objetivo de eliminar una buena parte del agua que lleva después del enjuague del mismo.

Secado

Posteriormente se aplicó la etapa de secado en un deshidratador por lecho fluidizado que consiste en un panel de control (controla la temperatura y velocidad de secado), un ducto para la circulación del aire, un eliminador de aire y una cámara de deshidratado con bandeja con agujeros de 5 mm de diámetro. Se realiza con temperaturas de 50, 60 y 70 °C y velocidades de aire de 3.9; 5.5 y 7.1 m/s.

Con la temperatura del deshidratador no daña las características organolépticas de la especie, para cada una de las especias obteniendo al final de la etapa un producto con la mínima humedad.

Esta operación deber ser cuidadosa, es decir debe ser muy controlada en cuanto a la magnitud del tratamiento térmico en nivel de temperatura y periodo de aplicación. Con relación a la temperatura de secado, por regla general no debe exceder los 70°C. esto será realizado mediante deshidratación por aire en un secador o deshidratador ya que es el método más adecuado por el tipo de producto (culantro deshidratado).

Enfriamiento y Pesado

El culantro deshidratado se dejará reposar por un tiempo aproximado de 2 horas hasta que alcance la temperatura adecuada (Temperatura Ambiente) para que pueda ser molido o pasar a la reducción de tamaño.

Reducción de Tamaño / Molido

La siguiente etapa es la de reducción de tamaño, se hará por medio de un equipo molino pulverizador de especies, para tener el tamaño adecuado (850 μm), la capacidad del equipo para reducir tamaño es de 40 Kg/h y pasar a la etapa de empaclado.



Pesado y Empacado

El producto será empacado mediante una maquinaria que tendrá la función de empacar y sellar sobres de plástico con un peso de 100g. Se hará uso de una maquina dosificadora y selladora. El material seleccionado será trilaminado, para evitar la perdida del aroma y color.

El producto terminado se recepcionará en una mesa para ser empacado (para lo cual se utilizará una selladora) en bolsas que contengan 24 unidades de culantro cortado de 100g, para luego ser almacenado y estar dispuesto para la venta.

Almacenaje.

El producto terminado se llevará al almacén o bodega para posteriormente distribuirlo como culantro deshidratado cortado al gusto del cliente. Deberá almacenarse en superficies elevadas (estantes) para protegerlo de la humedad, derrame de líquido y suciedades. Esto deberá ser en bodega cubiertas, ambiente seco y con buena ventilación y a temperatura ambiente.

La siguiente figura muestra un diagrama de bloques como representación gráfica de la línea de proceso para la producción de una especie deshidratada de culantro (*Eryngium Foetidum*). Este diagrama se estableció con el objetivo de plasmar el balance de materiales.

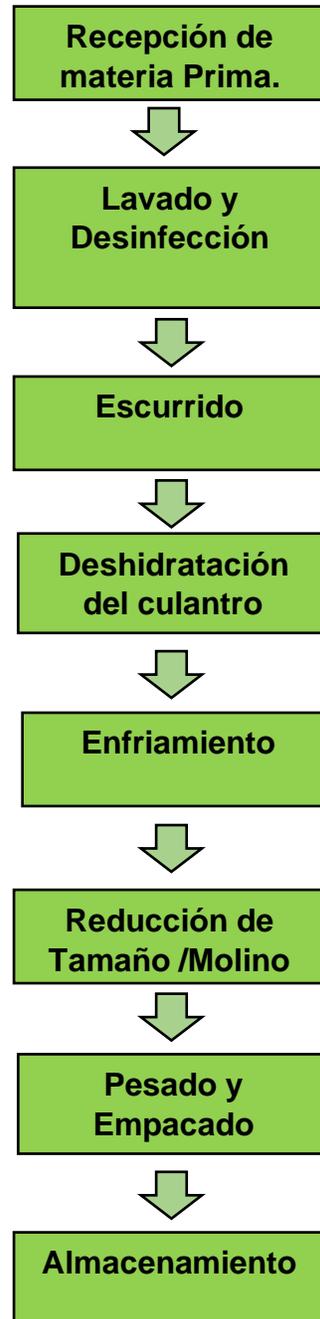


Figura 1. Diagrama de bloques de procesamiento de una especie deshidratada

La siguiente figura muestra el diseño tecnológico de la línea de producción de la especie culantro deshidratada, incluyendo sus condiciones de operación, tiempos de operación y cantidades de producto final obtenido.

Tabla 3. Entradas, salidas y controles durante el procesamiento

| Actividades | Entrada | Controles | Salida | Destino |
|---|--|--|---|---------------------------------|
| Recepción, peso y selección de la materia prima | Culantro sin tallo | Cantidades y condiciones de la materia prima | Hojas amarillentas, marchitas o dañadas. | Residuos de hojas a reprocesar. |
| Lavado y selección de impurezas | Hipoclorito de sodio y agua | Eliminación total de impurezas | Aguas residuales, tierra y sustancias extrañas | Riego o fosa séptica. |
| Escurrido | Culantro lavado y agua | Tiempo de escurrido | Aguas residuales | Riego |
| Deshidratación | Culantro escurrido y consumo de energía | Temperatura optima | Agua evaporada y emisiones de CO2 | Ambiente |
| Enfriamiento | Culantro deshidratado | Tiempo de enfriamiento y temperatura | Culantro seco | A etapa de molido |
| Molido del culantro | Reducción de tamaño del Culantro | Tamaño de la partícula | Culantro producto terminado | Empacado |
| Pesado y empacado | Culantro molido material de empaque y energía (maquina empacadora) | Material de empaque | Producto Terminado | Bodega |
| Almacén | Culantro empacado | Método de almacenamiento | Desechos del material de empaque. Producto terminado. | Reciclaje clientes |

Fuente: Elaboración Propia.

En el siguiente diagrama se muestran los controles de operación para obtener un producto final con calidad.

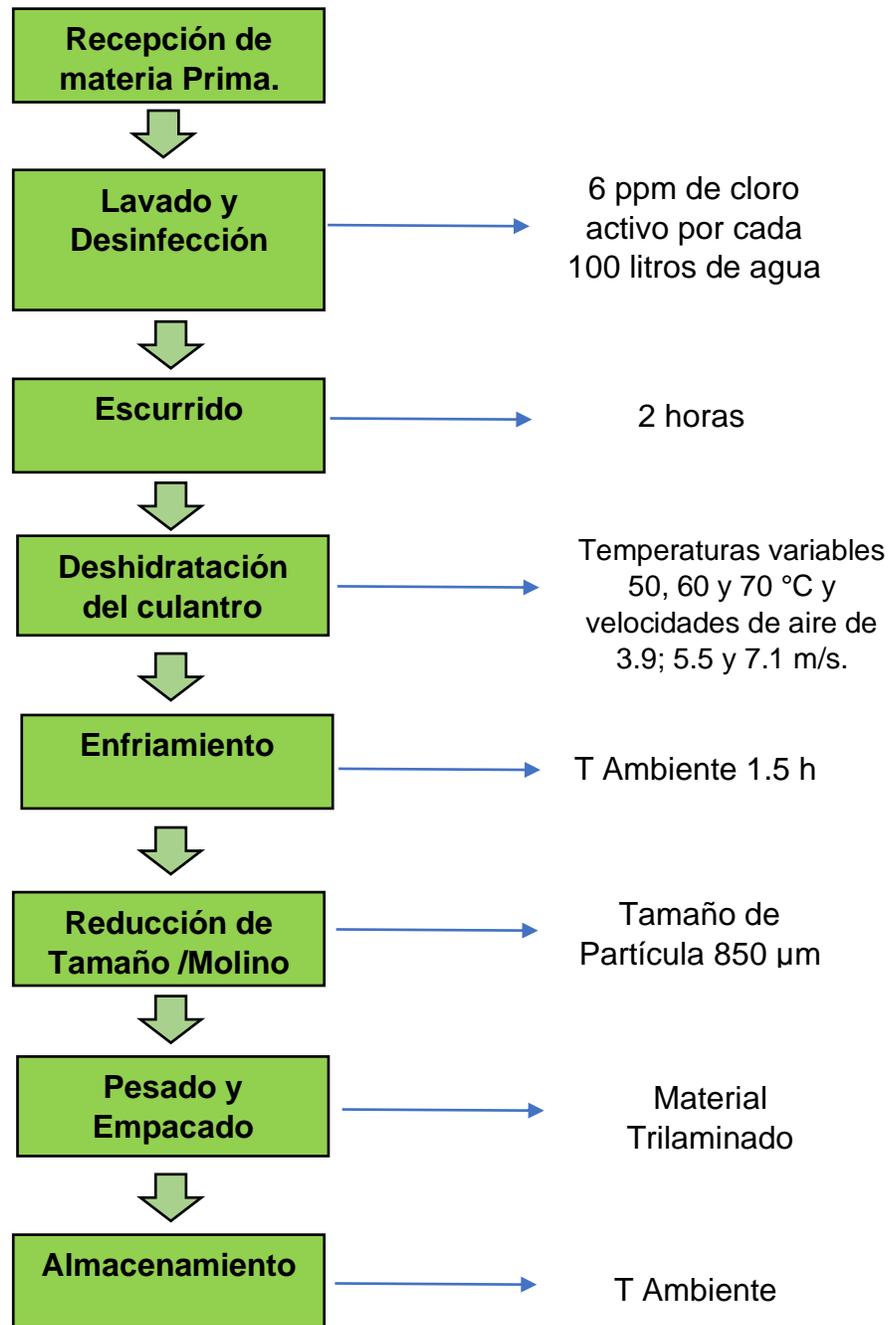


Figura 3. Diagrama de bloques de procesamiento con los controles operacionales

Aspectos Ambientales durante el procesamiento

Los aspectos ambientales están relacionados con el consumo y manejo de los recursos dentro de la planta procesadora, específicamente en la línea de producción.

Las propuestas de tratamiento para la disminución del impacto ambiental serían las siguientes:

- **Salidas de hojas amarillas, dañadas o marchitas:** estas podrían ser procesadas y obtener un nuevo producto que sería utilizado como abono o concentrado de animales.
- **Desechos de material de empaque:** se estima que los desperdicios de material de empaque serán mínimos, estos serán reciclados y posteriormente vendidos o donados a personas que lo necesiten para que obtengan un ingreso económico.
- **Aguas residuales:** como se puede apreciar en el proceso se encuentran muchas salidas de agua, esta será utilizada para el riego de plantíos, de tal forma que no contaminen el ambiente.
- **Emisiones de CO₂ y agua evaporada:** optimizar el uso de los equipos consumiendo lo necesario de energía en la producción del producto final.
- **Desechos de productos terminado:** reprocesarlo, de tal forma que no hay pérdidas de producto en el proceso y de esta manera reducir la contaminación por desechos sólidos.

Requerimientos de Materia Prima e Insumos.

Para el cálculo de los requerimientos de materia prima, se toma en consideración un estimado de 4,000 Kg de culantro deshidratado. De acuerdo a estudios previamente realizados con un producto similar el orégano, por cada 5 Kg de orégano verde se produce 1 Kg de orégano procesado. Tomando como referencia este valor, se puede calcular el requerimiento de materia prima (culantro) mensualmente.

Por tanto:



Figura 4. Esquema de Estimación de Volumen de Materia Prima necesaria para producir 4 000,0 Kg de Culantro Deshidratado.

Como resultado de esta relación se obtiene el requerimiento mensual de materia prima es de 20,000 kg. Con la relación de producción 5:1 el rendimiento del proceso es del 20%, es decir se pierde un 80% correspondiendo la mayor parte de este a pérdidas por agua (deshidratación), esto considerándolo como una estimación razonable.

$$R = P \text{ Final} / P \text{ inicial} * 100 = (1\text{kg} / 5\text{kg}) (100) = 20\% \quad (\text{Ec. 1}).$$

A continuación, se muestra el balance de materia tomando como referencia el requerimiento de materia prima necesaria para satisfacer una demanda estimada. Cabe destacar que al proceso entra el agua para el lavado de la materia prima y en el balance va incluida y combinada la cantidad de agua que se estima que entra y se queda en el proceso, para ver con más detalles los cálculos específicos de ambos materiales por separado.

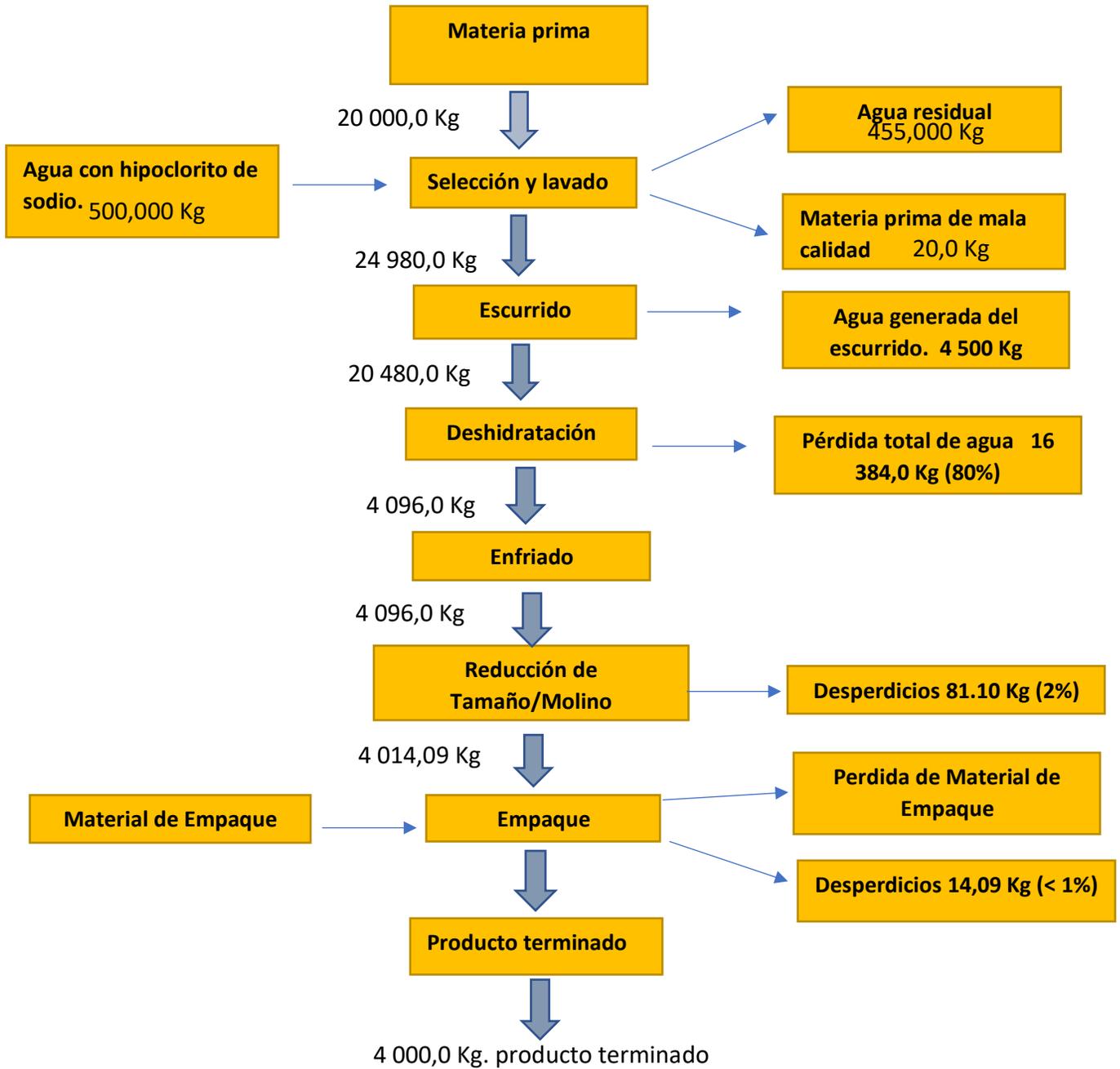
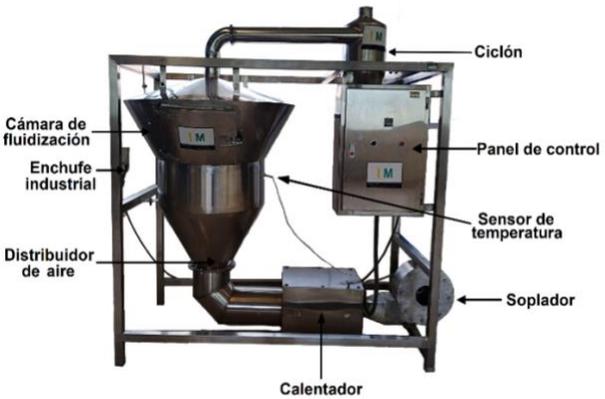


Figura 5. Estimación del balance de materiales para la producción de culantro deshidratado por mes bajo base de cálculo.

Requerimiento de equipos y energía para la operación de la línea de proceso.

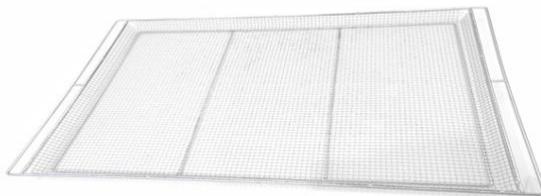
Para la determinación de los requerimientos de energía es necesario definir los equipos y maquinaria a utilizar en la línea de proceso. Como se sabe la producción mensual de la planta será de 4,000 Kg, es decir, aproximadamente 135 Kg diarios, de acuerdo a este valor se definirán las cantidades de equipos tecnológicos a utilizar.

Tabla 4. Equipos Tecnológicos de procesamiento.

| Maquinaria/ Equipos | Características | Cantid ad |
|--|--|-----------------|
| <p>Deshidratador de Lecho Fluidizado</p> | <p>Tiene una Capacidad de 60 kg por lotes. Funciona a base de gas natural y energía eléctrica (40,000 BTU/h. Trabaja con temperatura entre 40 y 80° C.</p>  | <p>1</p> |
| <p>Balanza digital para pesado de materia prima</p> | <p>Capacidades entre 6 Kg y 600 Kg, estructura rígida de baja altura construida con acero al carbono. Contiene plataforma con bandeja. Potencia 450W.</p> | <p>1</p> |

| | | |
|--|---|-----------------|
| |  | |
| <p>Maquinaria empacadora-selladora</p> | <p>Rangos de medida 5-200g, 50-1000g y de 500-5000g. precisión de la medida +/-0.2%, Velocidad de medición 15-30 veces por minuto, fuente de energía 220 V- 50Hz- 0.5KW.</p>  | <p>1</p> |
| <p>Tina de Acero Inoxidable Para Lavado</p> | <p>Equipo que permite efectuar la operación de lavado de las hojas. Está construida en acero inoxidable, es una unidad compacta con tapa; posee una capacidad de 100 a 500 lt litros</p> | <p>3</p> |

| | | |
|---|--|-----------------|
| |  | |
| <p>Mesas para selección de materia prima</p> | <p>Mesa de acero inoxidable con dimensiones 3 x 2 x 1.2m.</p>  | <p>5</p> |
| <p>Mesa y Bandejas para el escurrido</p> | <p>Mesa de acero inoxidable con una malla canalizada para facilitar el escurrimiento, con dimensiones 3 X 2 x 1.2m. La malla tendrá aproximadamente el mismo largo y ancho que la mesa con orificios de 3 x 3 mm con una separación entre cada orificio de 1.5mm.</p> <p>Bandeja de malla de acero inoxidable de grado alimenticio para accesorios de maquinaria de secado de alimentos Número de modelo: TP-7854B</p> <p>Capacidad: 10 kg. Dimensión (L * W * H): 780 * 540 * 30 mm</p> | <p>5</p> |



Molino de Discos

Molino de uso de discos, con un tamiz de 850 μm de diámetro. 500 Kw. Y Capacidad de 40 Kg/h



| | | |
|--|--|-----------------|
| <p>Mesa para empaque</p> | <p>Mesa de acero inoxidable con dimensiones 3x 2 x 1.2 m.</p>  | <p>2</p> |
| <p>Estantes de almacenamiento</p> | <p>Las estanterías están construidas totalmente en acero inoxidable, acabado satinado y doble Pliegue con pestaña aplastada en los estantes para evitar cortes. Sistema completamente modular de fácil montaje con estantes regulables en altura, las patas son regulables y permite salvar irregularidades del suelo aportando estabilidad en cualquier superficie.</p> <p>Medidas: Con medidas de Largo:1 200 mm Ancho: 300 mm y Alto: 2 000 mm aproximadamente.</p> | <p>4</p> |



Fuente: Elaboración propia.

Requerimiento de Energía

Deshidratador: como se mencionó la producción mensual es 40000 kg de culantro deshidratado (aprox. 135 Kg diario), el horno tiene capacidad de 75 Kg por lote (150 Kg/día). Es decir, el horno deshidrataría los 135 kg de culantro en un lote, se estima que este sea aproximadamente 2 horas.

El deshidratador consume 40,000 BTU* dos horas de uso diario= 80,000 BTU h/día, 2,400 BTU h/mes.

$80,000 \text{ BTU} * \text{Pie}^3/1000 \text{ BTU} = 80 \text{ pie}^3 \text{ por día} = 2,400 \text{ pie}^3/\text{mes}$

$1 \text{ m}^3 = 35.31467 \text{ pie}^3\text{-----} 2,400 \text{ pie}^3/\text{mes} = 67.96 \text{ m}^3 \text{ de gas/mes}$

Usando gas butano se tiene

Densidad del butano = 2.52 Kg/m³

$67.96 \text{ m}^3 * 2.52 \text{ Kg/m}^3 = 171.2592 \text{ kg de butano /mes}$ Aproximadamente 377.561 Libras de butano/mes. Esto indica que sería necesario comprar 4 cilindros de 100 libras de gas al mes.

Balanza digital La balanza tiene capacidad de 6 – 600 Kg, en un solo tiempo se pesaría los 135 Kg necesarios para el procesamiento diario. Para el peso se estima en tiempo en 10 minutos (0.17h).

La balanza consume 450W, en 0.17h al día consumiría 75Wh—2,250 Wh/mes.

Maquina empacadora-selladora la maquina empaca de 15-30 unidades por minuto. Se necesitaría empacar 135 Kg diarios en presentaciones de 100 g, lo que sería 6,750 unidades.

Se asumirá que la maquina empacara en promedio 25 unidades/min, es decir empacara los 135 Kg (135,000g) en 270 minutos (4.5 horas). La potencia de la máquina es de 0.5KW (500W), consumo sería de 2,250 Wh/día, 67,500 Wh/mes.

Selladora esta sellara las 6,720 unidades de 100 g en bolsas de 24 unidades, es decir 280 bolsas, las que serán selladas de forma manual por los operarios.

La selladora consume 330W, estimando que esta se utilizara por 4 horas, el consumo sería de 1,320 Wh/ diario (39,600 Wh/mes).

Tabla 5. Cuadro Resumen del Consumo de Energía Eléctrica de los Principales Equipos

| Equipo | Potencia (W) | Horas | Consumo de energía |
|-------------------------------|--------------|---------|--------------------|
| Balanza digital | 450W | 1hora | 2.25kW/mes |
| Maquina Empacadora -Selladora | 500W | 5horas | 67.5kW/mes |
| Selladora (Manual) | 330W | 4 horas | 39.6kW/mes |
| Molino de Discos | 500W | 5 horas | 67.5kW/mes |
| Deshidratador | 11716 W | 2 horas | 703.37 kW/mes |

Fuente: Elaboración Propia

VI. Conclusiones

1. Se diseñó una línea de proceso para obtener como producto terminado culantro (*Eryngium foetidum*) deshidratado para utilizarse en la preparación de alimentos, considerando aspectos principales de la ingeniería química como lo son las operaciones unitarias incluyendo sus condiciones de operación y tiempos de procesamiento.
2. Se establecieron todas las operaciones de procesamiento adecuadas para la transformación de una especie fresca a una especie deshidratada, desde las iniciales de todo proceso de producción como son las de adecuación de la materia prima hasta las principales que son las de transformación como tal y las de etapa final de una línea de proceso, se pueden mencionar: selección, lavado, desinfección, deshidratación y/o secado, reducción de tamaño, empaclado y almacenado destacando sus condiciones de operación principalmente en el caso de Secado o Deshidratado donde se consideran temperaturas en un rango de 40 a 80 °C manteniendo así las propiedades organolépticas de sabor y aroma de la especie en cuestión.
3. El balance de materiales se consideró bajo una base de cálculo de 4 000,0 Kg por mes de producción para establecer los cálculos y determinar los requerimientos de materia prima y sus condiciones de control en cada etapa del proceso. La base de cálculo fue considerada y analizada por el equipo de trabajo, las tesisistas y el tutor.
4. El consumo de energía fue determinado bajo los equipos principales y los que demandan consumo energético establecidos en la línea de proceso, los cálculos fueron hechos bajo los conocimientos que se adquirieron durante nuestros estudios.
5. La selección de los equipos fue realizada bajo la búsqueda de información secundaria y de procesos similares de deshidratación de la materia prima, considerando que esta no perdiera propiedades organolépticas y que llegara con el olor y aroma característico de la especie fresca. De igual manera los equipos y accesorios secundarios como lo son las mesas y balanzas necesarios para un buen control operacional en el proceso.
6. Se consideró y aplicó las recomendaciones que hace el RTCA sobre Buenas Prácticas de Manufacturas para la elaboración del plano general unitario estableciendo una buena distribución de la línea de producción.

VII. Recomendaciones

Se debe de realizar un estudio de prefactibilidad para determinar potenciales consumidores, conocer la producción promedio de la especie culantro en el país, evaluar la factibilidad técnica y la rentabilidad financiera de montar una planta procesadora de especies frescas para darle valor agregado como especie deshidratada.

Analizar otros tipos de secado como otras alternativas para aplicar a la línea de proceso para tener varias opciones de secado, evaluando sus ventajas y desventajas.

Potenciar otras hierbas frescas para considerar un segundo producto de mezcla para formular y aprovechar el proceso de deshidratación establecido.

IX. Bibliografía

Basilio-Atencio J.; Flores-Ayala. J. Optimización de parámetros para la deshidratación por lecho fluidizado del sachá culantro (*Eryngium foetidum* L.). Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology. Julio 2021.

Escobar, J. M. (03 de Diciembre de 2015). *Maquinas Deshidratadoras* . Recuperado el 06 de septiembre de 2022, de <https://es.scribd.com/doc/22616542/MAQUINAS-DESHIDRATADORAS>

García, M., Rugel, J., Rodríguez, S.E. & Vargas, S.É.M. (2010). Aprovechamiento de cilantro (*Coriandrum sativum*) y perejil (*Petroselinum crispum*) aplicando procesos combinados de deshidratación. [En línea]: UTADEO, (https://www.utadeo.edu.co/files/collections/documents/field_attached_file/cilantro_y_perejil.pdf, Prog. Ing. Almtos, 9 Jul. 2018).

Gascón, A., Muravnick, N., & Andreuccetti, C. (9 de Agosto de 2006). Desecación y deshidratación de vegetales. En A. Gascón, N. Muravnick, & C. Andreuccetti, Manual y esquemas de las elaboraciones industriales (págs. 8-13). Mendoza: Cátedra de Industrias Agrarias-Departamento de Tecnología Agroindustrial. Recuperado el 8 de Septiembre de 2022

Michelis, A. D. (22 de Abril de 2013). Deshidratación de secado de frutas, hortalizas y hongos. Recuperado el 06 de Septiembre de 2022, de http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_secado.pdf

Mora, F.K. & Martinez, J.J.J. (2013). *Elaboración de un guion y un video de un estudio de la operación unitaria de secado en polvos*. Tesis Quím. Farm. Biológico. México, México. Universidad Nacional Autónoma de México. 82 p.

Flores, N. S. (2009). *Ciencia y Desarrollo*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2017, de Deshidratación Y Elaboración De Un Condimento En Polvo En: <http://www.unjbg.edu.pe/coin2/pdf/017-2009.pdf>

Universidad Politécnica de Valencia. (2016). *Introducción de al secado de alimentos*. Recuperado el 27 de septiembre de 2022, de https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true

VIII. Anexos

Anexo 1. Ecuaciones Generales de Cálculos de Balances de Materiales y Energía

Balance general

$$\textit{Entrada} = \textit{Salida}$$

$$B + C = D + E \quad \textit{ec. 1}$$

Otra manera de expresar el balance es

$$A = B \quad \textit{ec. 2}$$

Todo lo que entra es igual a lo que sale

Balance de sólidos

$$BX_S + CX_C = DX_S + EX_E \quad \textit{ec. 3}$$

Balance de líquidos

$$BX_h + CX_h = DX_h + EX_h \quad \textit{ec. 4}$$

CALCULO DE SECADOR

$$\Delta T = (T_{\textit{final}} - T_{\textit{ambiente}})$$

$$Q_A = m * C_p * \Delta T$$

Calor requerido para calentar el secador

El contenido en humedad del producto se define como la relación entre la cantidad de agua en el aumento y la cantidad de sólidos secos y se expresa como

$$X_f = \frac{(W_t - F_s)}{F_s} \quad \textit{Ec. 5}$$

En la que W_t es el peso total de la materia en un tiempo determinado, siendo F_s el peso de los sólidos secos.

Anexo 2. Secado de plantas aromáticas comestibles

A pesar de la globalización y las nuevas tecnologías para asegurar la disponibilidad de alimentos, existen problemas para hacerlos llegar a regiones lejanas y en diferentes periodos del año, especialmente en lo que se refiere a las plantas comestibles que contienen un alto contenido de humedad. Como alternativa a este desafío existe el secado de alimentos, una tecnología de conservación de las más antiguas, la cual consiste en retirar el exceso de agua para reducir el riesgo de que crezcan bacterias y hongos.

Existe una gran variedad de alimentos de origen vegetal que tienen una temporada específica para su producción, sobre todo aquellos provenientes de regiones con cambios climáticos estacionales bien marcados. Entre las hortalizas que pueden someterse al secado se encuentran los tomates, chiles y cebollas y, entre las frutas, a las uvas, manzanas, fresas, duraznos y dátiles. Además, tenemos el grupo de las hierbas aromáticas, las cuales secas son una gran opción para sazonar nuestros alimentos durante todo el año.

Las plantas aromáticas pueden utilizarse como alimentos, con propósitos medicinales, en perfumería y cosméticos. Específicamente en el sector alimentario, pueden consumirse de manera directa o industrializarse; las más comunes son la albahaca, árnica, damiana, epazote, Jamaica, laurel, ruda, manzanilla, orégano y cilantro, entre otras.

Del proceso de secado dependen las características finales de calidad y la conservación de los principios activos que van a garantizar el aroma de este tipo de plantas; esto, a su vez, determina el grado de conservación y comercialización. Los requisitos que deben cumplir para poder secarse o deshidratarse son los mismos que cualquier producto alimenticio e incluyen el estar libres de impurezas como polvo, restos de insectos o de enfermedades aparentes, principalmente de pudriciones.

La recolección de las plantas se debe realizar por las mañanas y de la forma más higiénica posible. Si en nuestra región hay brisa o mucha humedad sobre las hojas, de preferencia debemos esperar a que se seque antes de la colecta, siempre evitando el calor para no dañar a la planta madre, si tenemos el plan de que esta se siga reproduciendo.

Las hojas normalmente son susceptibles al daño mecánico, por lo que durante su lavado y desinfección se recomienda utilizar agua fresca y limpia, evitar cepillarlas, además de utilizar desinfectantes recomendados para uso comestible. Posteriormente se puede escurrir el exceso de agua y almacenarlas en un lugar fresco y seco antes de someterlas al secado.

Existen diferentes formas de secado y su elección dependerá del tipo de planta, de las condiciones climáticas y de la disponibilidad de equipos secadores o deshidratadores. No obstante, hay que recordar que el proceso de secado es la eliminación del agua, por lo que el exponerlas a un ambiente seco que permita su deshidratación es el requerimiento primario.

Para las plantas aromáticas comestibles, generalmente se emplean métodos de secado natural y artificial, siendo de 21 a 27 °C el rango de temperatura óptimo. En el proceso natural se somete el producto a condiciones ambientales y como requisito se encuentran el contar con un aire de baja humedad y que esté tibio o caliente; esto se hace a la sombra y apilando las plantas en capas de producto no mayores de un centímetro, de manera dispersa en recipientes extendidos.

En el proceso artificial se aplica aire forzado con condiciones de temperatura y humedad altamente controladas. Algunas plantas como el romero, la salvia y el tomillo son tan fáciles de secar que simplemente con ponerlas en una ambiente limpio, fresco y seco podemos tener en pocos días su forma deshidratada. Un método tradicional para lograr lo anterior es hacer pequeños manojos atados y colgarlos para secarse con el aire del ambiente.

Conseguir el secado es más difícil si hay humedad por las lluvias o en las regiones costeras. Algunas plantas como la albahaca, el orégano y la menta contienen mayor cantidad de agua y, si no se secan pronto, es probable que crezcan hongos durante el proceso. En ese caso podemos auxiliarnos de equipos para secar que faciliten la deshidratación.

En cualquier opción de secado es recomendable evitar que se acerquen los insectos y el polvo, por lo que, en el caso de que percibamos insectos en el ambiente, podemos optar por cercar con una malla el lugar destinado para la deshidratación de las plantas. Por último, cuando hemos obtenido un máximo de 10% de humedad en el producto final, es decir, cuando las hojas son crujientes y se deshacen fácilmente entre nuestros dedos, es tiempo de envasarlas y almacenarlas en un

ambiente seco y fresco, pues si se humedecen regresa el riesgo de que crezcan bacterias y hongos.

Finalmente, con nuestras plantas secas podemos disfrutar de ellas durante más tiempo, lo cual es la principal ventaja del secado. Otra ventaja de las plantas aromáticas secas es que cuentan con un sabor y olor más intenso en comparación con su forma fresca, a condición de que el secado se haya realizado correctamente. Algunas plantas secas como la canela, el clavo, la pimienta y el jengibre son reconocidas por ser una fuente rica de antioxidantes y cuando las secamos aún podemos disfrutar de esa ventaja, con un sabor más intenso y por un mayor tiempo.

5.2 Instalaciones Físicas del Área de Proceso y Almacenamiento

5.2.1 Diseño

- a) Los edificios y estructuras de la planta serán de un tamaño, construcción y diseño que faciliten su mantenimiento y las operaciones sanitarias para cumplir con el propósito de la elaboración y manejo de los alimentos, protección del producto terminado, y contra la contaminación cruzada.
- b) Las industrias de alimentos deben estar diseñadas de manera tal que estén protegidas del ambiente exterior mediante paredes. Los edificios e instalaciones deben ser de tal manera que impidan que entren animales, insectos, roedores y/o plagas u otros contaminantes del medio como humo, polvo, vapor u otros.
- c) Los ambientes del edificio deben incluir un área específica para vestidores, con muebles adecuados para guardar implementos de uso personal.
- d) Los ambientes del edificio deben incluir un área específica para que el personal pueda ingerir alimentos.
- e) Se debe disponer de instalaciones de almacenamiento separadas para: materia prima, producto terminado, productos de limpieza y sustancias peligrosas.
- f) Las instalaciones deben permitir una limpieza fácil y adecuada, así como la debida inspección
- g) Se debe contar con los planos o croquis de la planta física que permitan ubicar las áreas relacionadas con los flujos de los procesos productivos.
- h) Distribución: Las industrias de alimentos deben disponer del espacio suficiente para cumplir satisfactoriamente con todas las operaciones de producción, con los flujos de procesos productivos separados, colocación de equipo, y realizar operaciones de limpieza. Los espacios de trabajo entre el equipo y las paredes deben ser de por lo menos 50 cm. y sin obstáculos, de manera que permita a los empleados realizar sus deberes de limpieza en forma adecuada.
- i) Materiales de Construcción: Todos los materiales de construcción de los edificios e instalaciones deben ser de naturaleza tal que no transmitan ninguna sustancia no deseada al alimento. Las edificaciones deben ser de construcción sólida, y mantenerse en buen estado. En el área de producción no se permite la madera como material de construcción.