

**Aumento de la capacidad instalada en la zona de fabricación líquidos emulsionados
en una empresa de salsas y condimentos**

Johny Alexander Castro Urrea

Asesor

Leidy Johana Gómez Sanpedro

Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD

Escuela de Ciencias básicas tecnología e ingeniería

Tecnología de Alimentos

2024

Resumen

En una empresa de alimentos se produce salsa mayo con mostaza (salsa a base de mayonesa, mostaza y especias), la cual es el producto de mayor volumen en ventas; esta salsa dentro de sus ingredientes contiene mostaza, la cual se fabrica en caliente, y para uso como intermedio de la salsa mayo con mostaza debe enfriarse a temperatura ambiente. En el proceso del intermedio mostaza, se encontraron oportunidades de mejora, dado que el proceso requería de la manipulación del intermedio (descarga en canecas), lo cual conllevaba a riesgo de contaminación física y microbiológica, improductividad debido a exceso de movimientos y largos tiempos de fabricación, que a su vez disminuían capacidad instalada de esta área, y aumenta la inestabilidad de la emulsión (mayo con mostaza), ya que al final de la succión de la mostaza ingresada aire.

Por lo anterior, con este proyecto se implementó el trasiego de la mostaza intermedio desde el tanque de enfriamiento por tubería hasta el procesador fryma; para lo cual se instaló tuberías, válvulas, un flujómetro másico y un controlador lógico programable, para dosificar la cantidad requerida, se aumentó el tiempo de permanencia del intermedio en los tanques de enfriamiento pasando de 4 a 12 horas apoyados en muestreos microbiológicos que nos corroboraban que no había aumento de carga microbiana.

Como resultado de este proyecto, se obtuvo una dosificación constante en un proceso cerrado con una variación no superior al 1% de la cantidad requerida, se generaron cambios estructurales que disminuyeron el exceso de movimientos, reduciendo los tiempos de proceso y adicionalmente se mejoró la ergonomía de los operarios. Intrínsecamente el proceso mejoró, reduciendo significativamente el riesgo microbiológico y físico.

Palabras clave: salsa mayo con mostaza, capacidad instalada, aireación, procesador fryma.

Abstract

In a food company, mayo sauce with mustard is produced (a sauce based on mayonnaise, mustard and spices), which is the product with the highest volume in sales; this sauce contains mustard among its ingredients, which is manufactured hot, and For use as an intermediate for the mayo sauce with mustard, it must be cooled to room temperature. In the mustard intermediate process, opportunities for improvement were found, given that the process required the manipulation of the intermediate (unloading into bins), which entailed a risk. of physical and microbiological contamination, unproductivity due to excess movements and long manufacturing times, which in turn decreased the installed capacity of this area, and increases the instability of the emulsion (may with mustard), since at the end of the suction of the mustard entered air.

Therefore, with this project the transfer of intermediate mustard from the cooling tank by pipe to the fryma processor was implemented; for which pipes, valves, a mass flowmeter and a programmable logic controller were installed to dose the required amount, the residence time of the intermediate in the cooling tanks was increased from 4 to 12 supported by microbiological samples that corroborated that the microbial load had not increased.

As a result of this project, a constant dosage was obtained in a closed process with a variation of no more than 1% of the required quantity, structural changes were generated that reduced excess movements, reducing process times and ergonomics were additionally improved. . of the operators. Intrinsically the process improved, significantly reducing the microbiological and physical risk.

Keywords: mayonnaise sauce with mustard, installed capacity, aeration, fryma processor.

Tabla de Contenido

Planteamiento del problema	8
Justificación	10
Marco teórico	12
Emulsiones	12
Efecto de la desnaturalización de emulsiones (mayonesa)	13
Descripción del flujómetro presente en el frima.....	14
Crecimiento microbiológico	15
Alimentos ácidos.....	16
Diagrama causa efecto.....	17
Objetivos	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos	19
Metodología	20
Determinación de tiempo máximo de permanencia del intermedio.....	20
Método para análisis microbiológico.....	20
Recuento de mesófilos aerobios	20
Recuento de mohos y levaduras	21
Mejora en tiempos y plataformas de fabricación.....	22
Automatización de la dosificación del intermedio	23
Puesta en marcha del sistema automático de dosificación.....	23
Mejora en tiempos de descarga de agua y aceite.....	25

Verificación del proceso final	26
Análisis fisicoquímicos realizados	26
Determinación de PH	26
Determinación de acidez	27
Determinación de solidos solubles	29
Determinación de consistencia	32
Resultados y discusión	33
Tiempo máximo de permanencia del intermedio	33
Análisis causa efecto	39
Automatización de la dosificación del intermedio	40
Adecuación para mejorar el exceso de movimientos.....	43
Verificación del proceso.....	44
Conclusiones	47
Bibliografía.....	48

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Ajuste para dosificación de intermedio mostaza</i>	24
Tabla 2 <i>miliequivalentes de diferentes ácidos</i>	29
Tabla 3 <i>Parámetro microbiológico de mostaza según resolución 1407/2022</i>	35
Tabla 4 <i>Parámetro microbiológico interno de la compañía</i>	35
Tabla 5 <i>composición fisicoquímica mostaza intermedio</i>	38
Tabla 6 <i>Resultados fisicoquímicos después de 12 horas de permanencia en tanques de enfriamiento</i>	39

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Emulsión</i>	12
Figura 2 <i>Flujómetro electromagnético utilizado en el proyecto</i>	15
Figura 3 <i>Crecimiento y formación de colonias</i>	22
Figura 4 <i>Bascula utilizada en el proyecto</i>	24
Figura 5 <i>pH metro utilizado</i>	27
Figura 6 <i>Titulación para determinación de acidez</i>	28
Figura 7 <i>Descripción procedimiento refractómetro</i>	29
Figura 8 <i>Descripción procedimiento refractómetro</i>	30
Figura 9 <i>Descripción procedimiento refractómetro</i>	31
Figura 10 <i>Descripción procedimiento refractómetro</i>	31
Figura 11 <i>Consistometro bostwick</i>	32
Figura 12 <i>Situación inicial del proceso de trasiego inter</i>	34
Figura 13 <i>Recuento mesófilos</i>	36
Figura 14 <i>Recuento mohos y levaduras</i>	37
Figura 15 <i>Diagrama causa efecto</i>	40
Figura 16 <i>Plano de distribución sistema</i>	41
Figura 17 <i>Plano ilustrativo del sistema agua y aceite</i>	42
Figura 18 <i>Plano de acción para exceso de movimientos</i>	33
Figura 19 <i>Resultado proceso de fabricación</i>	4

Planteamiento del Problema

En el año 2019 ingreso a la compañía el equipo Fryma Koruma max D-700, con una capacidad máxima de fabricación de 700 L, el cual tenía dentro de sus componentes un flujómetro para el ingreso de aceite, el que se dejó inactivo, ya que no era necesario para el proceso actual, teniendo en cuenta, que el ingreso de aceite ya contaba con flujómetro.

La fabricación de la salsa mayo con mostaza consta en términos generales de la obtención de una emulsión (mayonesa) en el procesador fryma, y al final de este; el ingreso del intermedio de mostaza mediante succión con vacío por medio de manguera, tardando en promedio 5 minutos. Convencionalmente en la empresa de alimentos de salsas y condimentos el transporte de este intermedio se realiza de manera manual, e implica la descarga de este en canecas plásticas desde los tanques de enfriamiento, y posterior dosificación manual, verificando en balanza la cantidad requerida para el lote de salsa mayo con mostaza. Esta manipulación del intermedio puede afectar la inocuidad del producto terminado por riesgos físicos debido a la succión generada por el equipo que puede fragmentar la bolsa que contiene el intermedio y esta llegar al producto y microbiológicos teniendo en cuenta el tiempo de exposición a temperatura ambiente, además aumentar los tiempos del proceso que conllevan a un sobre costo de la operación y sobre consumos de materiales como bolsas, correas de amarre, etiquetas de identificación, y consumo de recursos (agua y soluciones de limpieza) a el momento de la limpieza de las canecas utilizadas.

Por otro lado, cuando en una emulsión agua- aceite ingresa aire se crea una tercera fase que hace que la emulsión sea inestable con el tiempo, por lo tanto, la manipulación del intermedio podría repercutir negativamente en el tiempo de vida útil de salsa mayo con mostaza (Riera et al., 2004). Teniendo en cuenta la subutilización del flujómetro del equipo Fryma, y la

necesidad de automatización del proceso, se plantea la siguiente pregunta: ¿Es posible aumentar la productividad en la zona de fabricación de líquidos emulsionados en la empresa mediante la adecuación de un sistema para dosificación de intermedio por medio de flujómetro y mejora estructural para disminuir tiempos y movimientos?

Justificación

La planta del proyecto es una empresa de alimentos dedicada a la fabricación de condimentos sólidos y en base oleosa para la industria cárnica, de panificación, en general para toda la industria alimentaria como mejoradores de alimentos; salsas emulsionadas y en caliente, bajo la marca propia y como maquila para restaurantes y supermercados. La planta está diseñada para gran diversidad de productos, entre ellos el proceso de las salsas en frío (emulsionados) como la mayo mostaza en presentación de 200 gr que es el objeto de esta propuesta.

Esta salsa es fabricada en un fryma koruma max D- 700 (procesador coloidal para emulsionados) para posteriormente ser transportada por medio de tubería a un tanque de almacenamiento y ser empacada por una maquina mespack (empacadora automática de doypack), la cual opera a 60 unidades por minuto y tarda 50 minutos en empacar un lote de 600 kg. Con el desarrollo de este proyecto se logra mejorar tiempos de fabricación con esto se disminuye el costo operativo. y se puede aumentar la capacidad instalada lo cual genera más disponibilidad del equipo para continuar la operación, además de reducción de costos asociados a descarga de intermedios como son: bolsas plásticas, correas de amarre, mano de obra y reducción de riesgos de contaminación de producto terminado por exceso de manipulación y contaminación física por fracturas de material de empaque. Como se mencionó anteriormente, el fryma cuenta con un flujómetro, que para el proceso no es necesario, por lo cual, se propone extraerlo para incluirlo en el ingreso de la mostaza intermedio; el trasiego de esta mostaza se realiza desde el tanque de enfriamiento ubicado a 10 metros del fryma por medio de tuberías, con bomba centrífuga, ubicada a la salida del tanque de enfriamiento hasta el equipo (fryma). Esta tubería debe tener retorno, para asegurar así el correcto proceso de limpieza y desinfección por recirculación.

Con la implementación del sistema planteado se reducen tiempos de producción, ya que, al tener un flujo constante, por tubería a una presión vacío constante (-400 mbar), se obtiene una reducción del tiempo de ingreso de la mostaza en un 50%, lo cual, para un tiraje de producto de 12 horas, se traduce en tiempo 35 minutos. Adicionalmente con respecto al consumos materiales, estos son eliminados, ya que como el transporte del intermedio mostaza del tanque de enfriamiento al fryma se hace por tuberías, y los lavados son cada 12 horas; el intermedio permanece almacenado en el tanque mientras se va consumiendo en cada lote (80 Kg x lote, para un lote total de 1400 = 17 lotes de salsa mayo con mostaza).

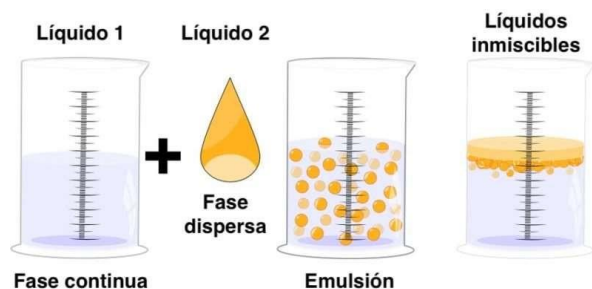
Al tener más capacidad instalada aumenta la disponibilidad del equipo lo que conlleva a que la empresa pueda obtener nuevos negocios.

Marco Teórico

Emulsiones

Figura 1

Emulsión Dianelys, O. (2021).



Fuente. Autoría propia.

Una emulsión es una suspensión de una fase en otra en que es inmiscible. Una de las fases, la fase dispersa, existe como gotas discretas suspendidas en la segunda, llamada fase continua; además existe una capa interfacial entre las dos fases, que es ocupada por un material surfactante. Hay tres tipos principales de emulsiones que son importantes en alimentos, las emulsiones aceite-en-agua, agua-en-aceite y agua-en-aceite-en-agua (Friberg et al., 2004). El aceite y el agua no coexisten cómodamente debido a la energía de superficie (energía libre de Gibbs) de la interfase aceite-agua. Debido a la tensión interfacial entre el aceite y el agua, cualquier emulsión procurará minimizar la energía interfacial haciendo el área interfacial entre el aceite y el agua lo más pequeña posible. En la ausencia de surfactantes, esto es logrado por la coalescencia de las gotas de aceite, para dar capas separadas de aceite y agua. La presencia de moléculas surfactantes adsorbidas disminuye la tensión interfacial entre las fases de aceite y agua, de manera que la fuerza motriz para la coalescencia es reducida. Muchos surfactantes no reducen simplemente la tensión superficial, sino que inhiben activamente la coalescencia alterando las propiedades viscoelásticas de la interfase. El material absorbido puede también impedir el encuentro cercano de las gotas de aceite provocando que las superficies tengan

suficiente carga para repelerse entre sí o creando una capa superficial extendida, que también impide el acercamiento. Así, aunque las emulsiones tienden a considerarse como termodinámicamente inestables, es posible, mediante el uso adecuado de surfactante, controlar la cinética de desestabilización y producir emulsiones con una larga vida útil (Friberg et al., 2004). Las emulsiones son muy comunes en la industria alimentaria, son presentadas a los consumidores como productos terminados o aparecen durante la preparación de un alimento, de la mezcla y tratamiento de sus constituyentes. Tienen una cierta textura que influye en la percepción de la estética de los alimentos, esta puede ser interpretada como función de las propiedades fisicoquímicas de la emulsión, la concentración de la fase dispersa, las interacciones y tamaño de gotas, la reología total e interfacial, y así sucesivamente; propiedades que también controlan la agregación de las gotas (floculación o coagulación) y la ruptura de la membrana entre las gotas agregadas (coalescencia) (Friberg et al., 2004).

Efecto de la Temperatura en la Desnaturalización de Emulsiones (MAYONESA)

Las emulsiones presentan un comportamiento termorreológico simple en un intervalo de temperatura comprendido entre 5 y 35°C, con un descenso de las funciones viscosas y viscoelásticas al aumentar la temperatura, como consecuencia de la agitación térmica. Sin embargo, a temperaturas superiores se produce un cambio en el comportamiento reológico, aumentando las funciones viscoelásticas debido a la desnaturalización térmica de las proteínas, como se demuestra al aplicar distintas rampas de temperatura (Moros, Martines, J.2001).

Por lo general, se observa un aumento de la viscosidad y de las funciones viscoelásticas dinámicas cuando se aumenta la energía impuesta al sistema al modificar las variables de procesado. No obstante, un tiempo de procesado o una temperatura de emulsificación elevados

da lugar a un descenso de las funciones viscosas y viscoelásticas acompañado de un aumento de los diámetros característicos, como consecuencia, fundamentalmente, de la coalescencia de las gotas de aceite durante el procesado (Moros, Martines, J.2001).

Descripción del Flujómetro Presente en el Frima

Los caudalímetros electromagnéticos miden el caudal en función de la velocidad a la que pasa el fluido. El equipo tiene dos bobinas que generan un campo magnético perpendicular a la dirección del líquido, que al pasar el líquido se genera una tensión eléctrica captada por unos electrodos. Esta tensión es proporcional a la velocidad, y por lo tanto al caudal del líquido. Este principio de operación se basa en la ley de inducción electromagnética de Faraday (Coluccio, Leskow, E. 2021). Cuando un líquido eléctricamente conductor fluye por un tubo no conductor y atraviesa un campo magnético, genera una tensión (E) que depende de la siguiente ecuación:

$$E = k \cdot B \cdot I \cdot v$$

La tensión o voltaje de los electrodos (E), proporcional a la velocidad o caudal del líquido.

El campo magnético (B), generado por dos bobinas de cobre. Tiene una corriente constante.

La longitud del conductor (l), es la distancia entre electrodos de medición o diámetro interno del tubo de medición.

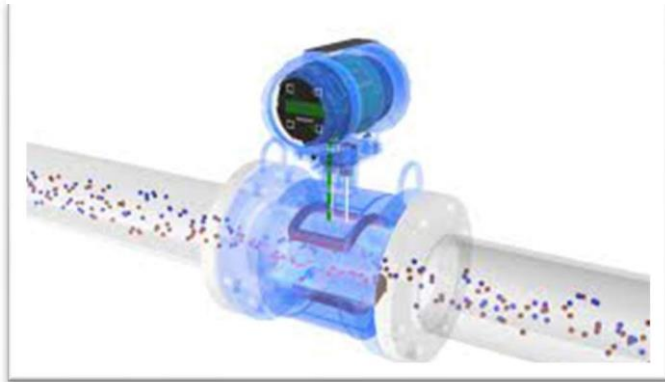
Es un valor constante. La única variable en la ecuación de Faraday (v) es la velocidad del líquido.

Esta forma de trabajar permite que los caudalímetros electromagnéticos sean idóneos para aplicaciones de aguas saturadas, o en general de cualquier líquido conductor.

Areny, R (2004).

Figura 2

Flujómetro electromagnético utilizado en el proyecto. Areny, R. (2004).



Fuente. Autoría propia.

Crecimiento Microbiológico

Existen unos factores que afectan el crecimiento microbiológico, como la temperatura, el tiempo, los nutrientes, el agua y el pH. El pH es el Potencial de Hidrógeno. Es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. Con el pH determinamos la concentración de hidrogeniones en una disolución. Un hidrogenión es un ion positivo de Hidrógeno, es un «cachito con carga positiva» del Hidrógeno.

La fórmula matemática para calcular el pH es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno. $\text{pH} = -\log[\text{aH}^+]$ Es decir, será más ácido cuanto más actividad de «cachitos con cargas positivas» de Hidrógeno exista en la disolución. Cuando haya menos actividad la muestra, será alcalina Chavarría M. (2013).

Para Generar crecimiento de microorganismos patógenos en alimentos es necesario agua, temperatura, nutrientes y unos niveles de pH específicos. El pH tiene un rango de 1 a 14,

contando con 7 como medición de valor neutro. Si el pH es menor a 7 se considera el alimento como ácido, si es mayor a 7 se denomina alcalino Chavarría M. (2013). La mayoría de los microorganismos crecen en pH de 7 a 8. En alimentos con pH bajos (ácidos) como el vinagre y el limón, se genera mayor conservación debido a que en un PH menor a 4.5 hay menor riesgo de crecimiento de bacterias patógenas. El sentido del gusto en humanos puede distinguir de forma fácil los pH (ácido y alcalinos); los productos alcalinos tienen un sabor amargo, y los ácidos un sabor un sabor agrio, según el Consejo Europeo de Información sobre la Alimentación (EUFIC) Chavarría M. (2013).

Alimentos Ácidos

Un agente conservador es el vinagre, gracias a su acidez, frena el crecimiento de microorganismos, pero no ingresan a fase muerte, solo permanecen en latencia, pero mezclado con temperaturas de refrigeración, esta acidez ayuda a conservar el alimento en óptimas condiciones por más tiempo. Si el pH es menor a 4,5 es posible inhibir la formación de la toxina de *Clostridium botulinum* y limita el crecimiento de microorganismos como *Escherichia coli* y *Salmonella* Chavarría M. (2013).

Si se mantiene un pH bajo en el desarrollo de los alimentos, se puede tener mayor vida útil, ya que se genera inhibición del crecimiento microbiano. Cítricos como el limón, el pomelo o la naranja, y alimentos como zumos y yogur también son ácidos. El jugo de naranja tiene un pH ácido, que actúa como protector de hongos y levaduras y genera un crecimiento lento de estos microorganismos. Las Frutas y hortalizas también tienen un pH bajo, de ahí que su microbiota bacteriano sea, en la mayoría de los casos, mucho menor que otros alimentos. Carne y verduras también tienen un pH bajo.

La acidificación de los alimentos es un proceso que consiste en agregar ácidos de cualquier tipo (lácticos, cítricos etc...) para reducir el pH del alimento e inhibir el crecimiento de los microorganismos patógenos Chavarría M. (2013).

Diagrama Causa Efecto

Shikawa (quien también da nombre al diagrama) fue un químico y filósofo japonés de la administración de empresas en el control de calidad, conocido como el padre del análisis científico de las causas de problemas en procesos industriales. En el año 1943 diseñó un diagrama que, por su estructura, se asemeja a una espina de pescado: consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, problema que se escribe a su derecha (James, 1997). El diagrama causa-efecto ayuda a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido. Este diagrama se debe utilizar cuando se busque identificar las causas principales de un problema y existen ideas y/o opiniones sobre las causas de un problema (Romero y Diaz, 2010).

El diagrama presenta las siguientes características (James, 1997):

Es similar al árbol de problemas.

Permite analizar las relaciones entre un efecto y sus causas más directas.

Cada causa se organiza en subcategorías.

El diagrama representa el esqueleto de un pez (espina de pescado).

Facilita la solución del problema teniendo en cuenta los síntomas hasta la solución de sus causas.

Definir el problema de manera clara y concisa.

Definir las posibles causas.

Definir las principales categorías de las posibles causas.

Definir el efecto en un cuadro en el extremo derecho.

Dibujar el diagrama escribiendo todos los niveles de sus causas.

Seleccionar un pequeño número de las causas que tengan mayor influencia en el efecto, o sea, aquellas que muestran el problema y los principales efectos y demanden acciones adicionales.

Para determinar las posibles causas se debe considerar los siguientes factores, los cuales participan/influyen en el proceso: sistemas de datos e información, ambiente y entorno, maquinaria o equipo, materiales, mediciones, métodos y personal. A la hora de diagnosticar la causa de un problema, un diagrama de causa-efecto ayuda a organizar varias teorías sobre las causas fundamentales y las presenta gráficamente (James, 1997).

Objetivos

Objetivo General

Aumentar la productividad en la zona de fabricación de líquidos emulsionados en una empresa de alimentos.

Objetivos Específicos

Definir el mayor tiempo de permanencia en tanques de enfriamiento, del intermedio mostaza, por medio de análisis microbiológico.

Mejorar tiempos de proceso y ergonomía en las plataformas de fabricación, mediante cambios estructurales en las mismas.

Estandarizar el proceso de dosificación de intermedio por medio de flujómetro.

Verificar la conformidad del proceso implementado en el producto mayo con mostaza.

Metodología

Determinación del Tiempo Máximo de Permanencia de Intermedio

Convencionalmente en la compañía, el intermedio (mostaza) después de su fabricación se pasa a tanques de enfriamiento donde se baja la temperatura a 30°C. En estos tanques, se tenía establecido que el intermedio podía permanecer solo durante 2 horas y que, en caso de superar este tiempo, el producto debía descargarse en canecas con doble bolsa y correa plástica con su respectiva identificación (código, lote, vence, fecha de producción, fecha de vencimiento) y posterior almacenamiento en cava de refrigeración hasta su requerimiento para la producción.

Para lograr incrementar los tiempos de almacenamiento del intermedio en los tanques de enfriamiento, se realizaron análisis microbiológicos de mesófilos aerobios y mohos y levaduras (microorganismos indicadores), con el fin de tener un proceso continuo por al menos 12 horas, que son los tiempos máximos de frecuencia de lavado del equipo de fabricación y empaque de la salsa mayo mostaza, teniendo en cuenta que los equipos estarán cerrados y a una temperatura de 18°C; que no se considera una temperatura riesgosa para el producto.

Para esto, se tomó muestra del intermedio almacenado en los tanques de enfriamiento cada 2 horas por un tiempo total de 12 horas, y se realizaron los siguientes análisis microbiológicos

(ministerio de salud y protección social, 2022)

Método para Análisis Microbiológico

Recuento de Mesófilos Aerobios. AOAC 990.12

La placa Petrifilm para Recuento de Aerobios totales es un sistema de medio de cultivo listo para ser usado, que contiene los nutrientes del Agar Standard Method, un agente gelificante

soluble en agua fría y un indicador de color rojo , que facilita la enumeración de las colonias el cual fue el método que utilizamos para este proyecto Chavarría M. (2013).

y el procedimiento se realizó de la siguiente manera:

Se Tomaron 25 g de muestra en bolsa de enriquecimiento, y adicionaron 250 ml de agua peptonada al 0.1 %

Se Mezclaron en equipo stomacher por 30 segundos

Se Tomo 1 ml de la solución y adiciono a la placa petrifilm RAC(Recuento Rápido de aerobios) del proveedor 3M.

Se incubo 48 h (± 3 h) a 35 °C (± 1 °C).

Pasado el tiempo de incubación, se realizó lectura de colonias; Colonias de color azules y rojas.

Recuento de Mohos y Levaduras. AOAC 997.02

Se tomaron 25 g de muestra en bolsa de enriquecimiento, y se adicionaron 250 ml de agua peptonada al 0.1 %

Se mezclaron en equipo stomacher por 30 segundos

Se tomó 1 ml de la solución y se adiciono a la placa petrifilm RYM(Recuento rápido de mohos y levaduras) del proveedor 3M.

Se incubó a 25-28 °C durante 48 ± 2 horas.

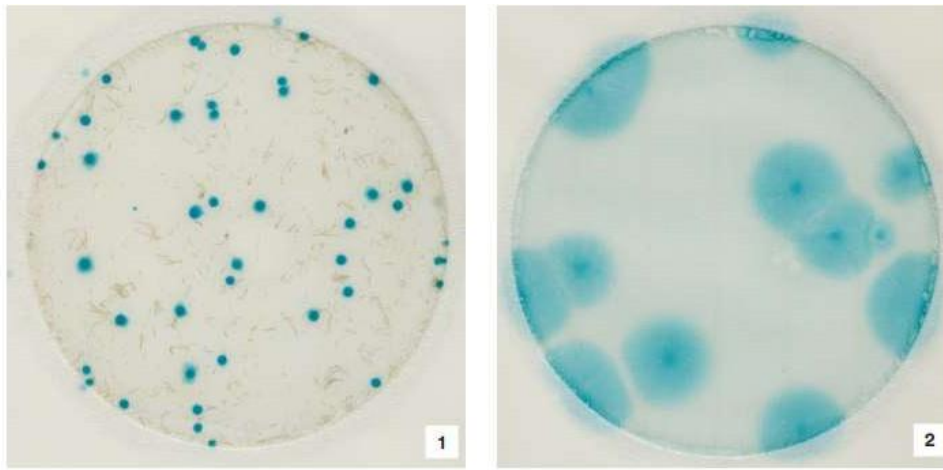
Pasado el tiempo de incubación, se realizó lectura de colonias; colonias grandes, colonias con bordes difusos, de color verde azulado

Recuento de Levaduras. Colonias pequeñas, colonias con bordes definidos, de colocanela rosado a verde azulado. Las colonias parecen elevadas (tridimensionales) y tienen un color uniforme.

Recuento de Mohos. Las colonias son ejemplos de mohos característicos: colonias grandes, colonias con bordes difusos, de color verde azulado después de una incubación prolongada. Las colonias parecen planas y tienen un centro oscuro con bordes difusos.

Figura 3

Crecimiento y formación de las colonias. (Guía de interpretación 3M 2017)



Recuento de levaduras: 44

Recuento de mohos: 12

Fuente. Autoría propia.

Mejora en Tiempos y Plataformas de Fabricación

Se realizó un análisis causa- efecto (James, 1997) para así determinar las causas de las demoras en el proceso de fabricación que se tenían en la zona de fabricación líquidos emulsionados, si bien este análisis no es cuantitativo ayuda a determinar diferentes causas de una manera objetiva, lo cual da una visión más clara de lo que se debe atacar para resolverlos.

Para esto se programa todo el personal que trabaja en la zona de fabricación líquidos emulsionados con el fin de generar una lluvia de ideas, donde se construyó la espina de pescado y así atacar los hallazgos más relevantes.

Automatización de la Dosificación del Intermedio:

Como se mencionó anteriormente, para la fabricación de la salsa mayo con mostaza se requiere el ingreso o adición del intermedio de mostaza, proceso que normalmente se realizaba de forma manual en la compañía. Para la automatización de este proceso de dosificación, en primer lugar, se retira el flujómetro del interior del equipo fryma koruma y se incorpora en la línea de intermedio. Posteriormente, se adecuan las tuberías del tanque de enfriamiento a el procesador fryma y se incorpora un controlador lógico programable (PLC) marca siemens modelo 2019, unas bombas centrifugas desde los tanques de enfriamiento y válvulas neumáticas para así comunicar todo el sistema, y que operen a la par, para lograr el ingreso de mostaza intermedio a el procesador fryma pasando por el flujómetro con un límite máximo de error de 1%.

Puesta en Marcha del Sistema Automático de Dosificación

Para estos ensayos se involucró a los departamentos de: calidad, desarrollo, ingeniería y proyectos y producción de la compañía para así garantizar que el sistema está trabajando de la mejor manera, y para esto se verifico: que la presión de vacío del fryma ya que garantizara un caudal de entrada de 21.4 kg por minuto, la bomba centrifuga del tanque de enfriamiento tenga este mismo caudal. Posteriormente se realizaron dosificaciones programando la cantidad de intermedio que necesitaba y pesándola en una báscula marca VECTOR con una capacidad máxima de 200 kg y con una exactitud de 10g.

Figura 4

Bascula VECTOR utilizada en el proyecto



Fuente. Autoría propia

sin ingresar al equipo, para verificar que la cantidad corresponda al valor solicitado, teniendo como límite máximo de error 1%. Se tomaron datos y se realizaron siguientes ajustes.

Tabla 1

Ajuste para Dosificación de Intermedio Mostaza

Peso Programado	Peso Bascula	Apertura Válvula	% Desviación
50	55	90°	10
50	53	80°	6
50	51	70°	2
50	50,5	60°	1
50	50,3	55°	0,6
50	50,2	55°	0,4
50	50,3	55°	0,6
50	50,3	55°	0,6
50	50	55°	0
50	51	55°	2
50	52	55°	4
50	53	55°	6
50	50,2	55°	0,4
50	50,1	55°	0,2

Se pasa de una presión absoluta de 600 milibares a 400 milibares (-420 milibares de vacío) y frecuencia de trabajo de la bomba que envía el intermedio de mostaza de 60 Hertz pasa a 40 Hertz (2400 revoluciones por minuto), el caudal de ingreso es de 21,4 kg/min; es decir el

tiempo que tarda es de 3.32 min; lo que equivale a 16.6% del total de proceso; como se relaciona en la imagen 19 (plano de distribución del sistema).

Mejora de Tiempos de Descarga de Agua y Aceite

Una de las causas identificadas fue la demora en los tiempos de descarga de agua y aceite, esto debido a que los cuatro equipos de fabricación compartían la misma línea de dosificación; es decir cuando se estaba adicionando agua o aceite a uno de los cuatro procesadores frimas que se tienen en esta zona, los otros debían esperar ya que solo dosificaba para uno a la vez. Por esto se independizaron las líneas, y se instalaron bombas centrifugas para así disminuir dichos tiempos, ya que se generaban paros por esperas en la dosificación de agua y aceite, debido a que solo se contaba con una bomba para toda la planta; como se relaciona en la imagen 18 (plano del sistema de agua y aceite).

Otra de las causas para los largos tiempos de fabricación, es la poca economía de movimientos que llevan a el cansancio por parte de los operarios debido a la incomodidad en el proceso, dado a que los batches se descargaban por parte del montacarga y el operario debía desplazarse 3 metros para alcanzarlos, además debía agacharse para poder dosificar dicha materia prima a el equipo de fabricación. Por lo anterior, se implementaron cambios estructurales que permitan que el proceso sea más práctico, y mejore la ergonomía de los operarios.

Verificación del Proceso

Después de haber estabilizado el sistema y verificado que los datos cumplen con la desviación estipulada de $\pm 1\%$ y un coeficiente de variación menor al 10% (lo que demuestra su repetibilidad). Se fabricaron 2 lotes de producto los cuales quedaron pendientes para análisis,

si dicho análisis resultaba favorable se procede a la fabricación en línea de producto para despacho.

Análisis Físicoquímicos Realizados

Determinación de pH

Teniendo en cuenta que Se debe realizar la calibración al inicio de cada turno, con el fin de verificar el correcto funcionamiento del equipo y asegurar que los datos obtenidos en cada medición sean confiables; Se verifico el registro de calibración antes de realizar cada medición. (Icontec NTC49-78 2001)

La medición se realizó tomando un volumen aproximado de 20 ml en un recipiente (copa desechable), se introdujo el electrodo en el recipiente con producto y se realizó la lectura directamente de la pantalla.

Figura 5

pH – metro utilizado



Fuente. Autoría propia

Determinación de Acidez

Equipos Y Reactivos

Balanza analítica Agitador

Magnético Bureta digital Beaker de
250 ml

Solución de Hidróxido de
Sodio 0.1 N Fenolftaleína al 1% en
Etanol.

Agua destilada Espátula
metálica. Magneto

Se peso de 1 g de muestra en
un Beaker de 250 ml y se introdujo
un magneto.

Se adiciono agua destilada hasta completar 100 g de la solución y 3 ó 4 gotas de Fenolftaleína.

Se coloco en agitación de 880 RPM (80% en el equipo) hasta homogenizar.

Titulando con solución de Hidróxido de Sodio 0.1 N hasta que el color cambie a rosa pálido, y se sostuvo por aproximadamente 20 segundos. El factor (F) para la salsa con mostaza es de 0.06, ya que en su formulación contiene acido acetico.

Ecuación 1.

$$\%Acidez = \frac{V \times N \times F}{W} \times 100$$

Donde:

V = Volumen de NaOH gastados en la titulación, en mililitros.

N = Normalidad de la solución de Hidróxido de Sodio.

W = Peso de la muestra en gramos.

F = Miliequivalentes de ácido predominante, ver tabla en anexos.

Figura 6

Titulación para Determinar Acidez



Fuente. Autoría propia

Determinación de Sólidos Solubles

Equipos

Refractómetro Mettler Toledo Easy R40. Cuchara plástica pequeña.

Etanol 96% Wypall o Kleenex. Frasco Lavado

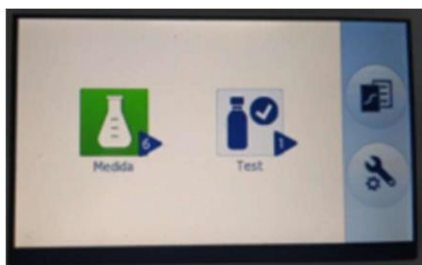
Teniendo en cuenta que el refractómetro se debe calibrar todos los días al inicio de turno; se verificó el formato de calibración antes de realizar cada medición

Se depositó con la cuchara una porción de la mostaza a medir en el porta muestras, asegurándonos de cubrir la totalidad de la marca del lector del equipo con la muestra.

Se seleccionó en la pantalla táctil la opción "Medida" donde se observa una imagen de un Erlen Meyer

Figura 7

Descripción de procedimiento refractómetro



Fuente. Autoría propia

Inmediatamente se abre una interfaz de selección de método de análisis. Se verifico que las condiciones de "Control de Temperatura", "Temp. De medición", "FastStart" y "Tiempo de espera" se encuentran en las condiciones como la imagen a continuación.

Figura 8

Descripción de procedimiento

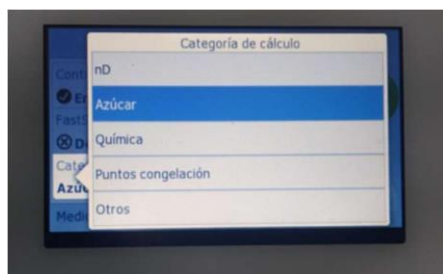


Fuente. Autoría propia

Para establecer el método a realizar seleccionamos en "Categoría de cálculo" y seleccionamos la opción "Azúcar" de lista desplegable que aparece

Figura 9

Descripción de procedimiento refractómetro

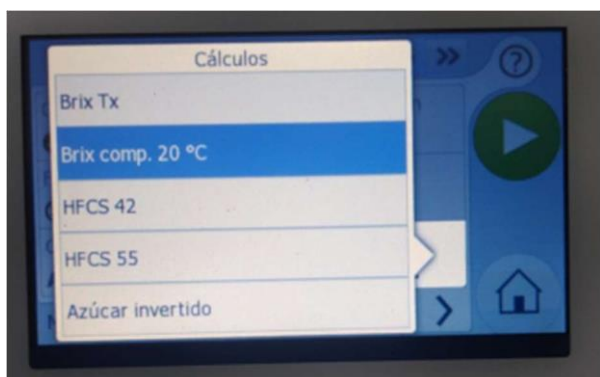


Fuente. Autoría propia

Luego se seleccionó en la opción cálculos la opción "Brix comp. 20 °C"

Figura 10

Descripción de procedimiento refractómetro



Fuente. Autoría propia

Por último, se seleccionó "Play" que es un botón circular verde con un triángulo horizontal dentro de este. El botón es digital y se ubica dentro de la pantalla cerca al borde derecho. Una vez realizado el análisis la muestra queda guardada y se puede realizar el análisis de nuevo.

Al finalizar el análisis, se limpio el prisma del equipo retirando la muestra analizada previamente con wypall o kleenex, luego se limpió con alcohol etílico y se volvió a limpiar con un wypall limpio.

Determinación de Consistencia

Se Coloco el consistómetro en una superficie a nivel, se Gira los tornillos niveladores hasta que la burbuja del nivel quede centrada, Se cerro la compuerta asegurándola con el gatillo, se llenó el depósito completamente con la muestra (la cual debe estar a temperatura ambiente), Se nivela la parte superior de la muestra, pasando la espátula horizontalmente, se Presionó el gatillo para abrir la compuerta e inmediatamente iniciar el cronometraje. Al finalizar el tiempo requerido (30 segundos) se leyó el recorrido en centímetros cúbicos d la salsa con mostaza.

Figura 11

Consistometro bostwick



Fuente. Autoría propia

Resultados y Discusión

Tiempo Máximo de Permanencia de Intermedio

En proceso inicial, se tenía estipulado para el intermedio, después de su fabricación pasarlo a tanques de enfriamiento hasta alcanzar 30°C, donde se podía mantener máximo 2 horas, en caso de pasar este tiempo se debía descargar en canecas con doble bolsa y correa plástica con su respectiva identificación (código, lote, vence, fecha de producción, fecha de vencimiento) y posteriormente se guardaba en cava de refrigeración hasta su requerimiento para la producción. Este producto puede estar máximo 2 días en dicha cava.

Figura 12

Situación inicial proceso de trasiego del intermedio



Demora en tiempos de fabricación
por dosificación



Exceso de inventario en cavas



Riesgo de contaminación física
por fractura de bolsa



Exceso de manipulación

Fuente. Autoría propia

Para el proceso de automatización de la adición del intermedio, en la fabricación de la salsa mayo con mostaza, uno de los primeros pasos consistió en incrementar el tiempo de almacenamiento del intermedio (mostaza) en los tanques de enfriamiento. Para lo cual era necesario, verificar que la calidad microbiológica del intermedio no se viera afectada por los largos periodos de almacenamiento.

Después de las pruebas microbiológicas realizadas y teniendo en cuenta los parámetros internos de la compañía presentan los requerimientos microbiológicos para la mostaza, y los resultados obtenidos para las muestras tomadas en los diferentes tiempos.

Tabla 3

Parámetro microbiológico de Salsa no emulsionada: salsa de tomate, pasta concentrada de tomate, negra, salsa al curry, salsa inglesa), salsa tomate, puré de salsa con tomate, mostaza, base vegetal, tomate, salsa a concentrados salsa de mesa (salsa base de queso). Según resolución 1407/22

Parámetro	Ca	Muest	N	C	m	M
o	so	reo Clase				
Mohos y levadura	2	3	5	2	20 ufc/g	50 ufc/ g
<i>Escherichia coli</i>	N	3	5	0	< ufc/g
	A					
salmonela spp	10	2	5	0	Ausencia/25g

(Ministerio de protección social 2022)

Tabla 4

Parámetro microbiológico interno de la compañía.

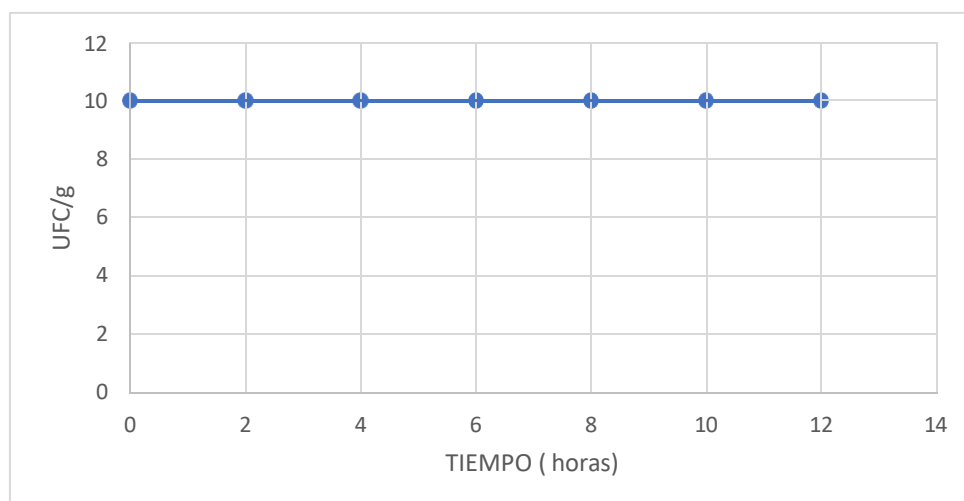
Análisis	Especificación
Recuentos mesófilos aerobios	<100 UFC/g
Recuento mohos y levaduras	<20 UFC/g

Se da cumplimiento a la resolución 1407 de 2022, para mohos y levaduras. Para este estudio, no se tuvo en cuenta *E. Coli* (indicador de contaminación fecal), ni *salmonella ssp.* (indicador de presencia de patógeno en alguna de las materias primas), ya que el cambio en el proceso no representa un aumento en el riesgo diferente al existente en el proceso anterior.

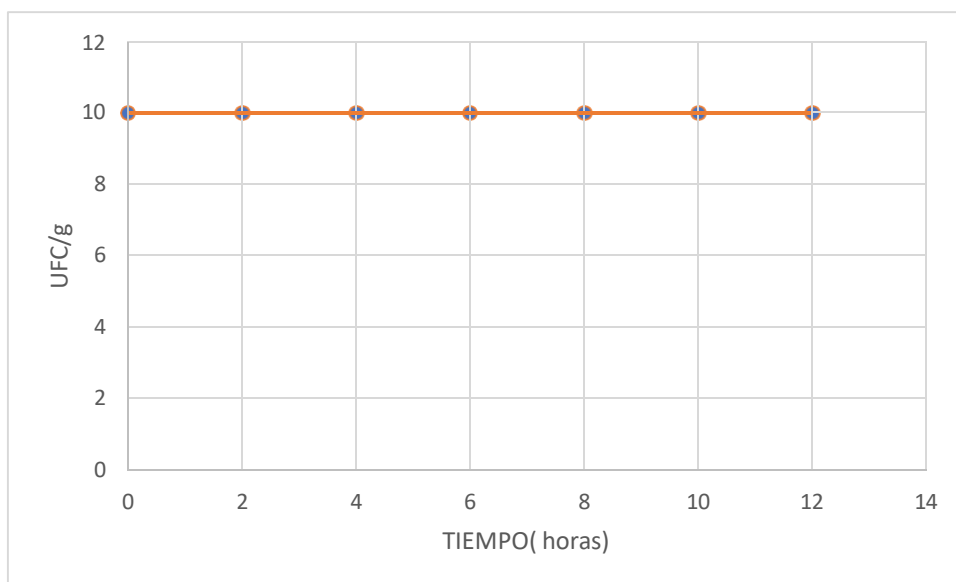
Se obtuvieron resultados dentro de especificación, y sin evidenciar un crecimiento que indique aumento significativo en la carga microbiológica.

Figura 13

Recuentos mesófilos



Fuente. Autoría propia

Figura 14*Recuento mohos y levaduras**Fuente. Autoría propia*

Con los resultados obtenidos se da la aprobación para pasar de 2 horas de almacenamiento en tanques de enfriamiento a 12 horas, tiempo suficiente para consumir el intermedio fabricado, teniendo en cuenta que la mostaza es un producto ácido, con un pH entre 3,5 y 3,9 y una actividad acuosa de 0.75, el riesgo de crecimiento de microorganismos es casi nulo, por el ambiente adverso para los microorganismos (Chavarría, 2013).

Estos análisis se realizan para monitorear la tendencia de crecimiento en todos los pasos del proceso y tener control microbiológico comprobando aspectos tales como capacidad de conservación, condiciones de higiene en la producción y presencia de microorganismos patógenos, lo cual determinan la vida útil de la salsa de mostaza.

En la tabla 4 vemos los resultados fisicoquímicos de la mostaza después su fabricación.

Tabla 5*Composición fisicoquímica mostaza intermedio.*

Composición fisicoquímica mostaza intermedio	
PH	3.5-3.9
Acidez	1-1.4
Brix	20-24
Consistencia	3.5-7

Fuente. Autoría propia

Se puede observar en la tabla 5 que la mostaza cumple con todos los parámetros fisicoquímicos estos se realizaban al mismo tiempo que los análisis microbiológicos ya que era uno de los principales retos en el desarrollo de este proyecto dando cumplimiento así a la resolución 19021 de 1985 Producto de consistencia uniforme. De acuerdo a la formulación y a los ingredientes utilizados puede ser cremosa o pastosa, no debe presentar un anillo oscuro en la parte superior del envase y el producto debe estar libre de sinéresis. COLOR: Uniforme y característico de la variedad o mezcla de variedades utilizadas OLOR: Característico y libre de olores extraños SABOR: Característico y libre de sabores extraños y parámetros fisicoquímicos especificados en la tabla 1. (Ministerio de Salud, 1985)

Tabla 6

Resultados fisicoquímicos después de 12 horas de permanencia en tanque de enfriamiento

Composición fisicoquímica mostaza intermedio	
PH	3.8
Acidez	1.2
Brix	23.87

Análisis Causa Efecto

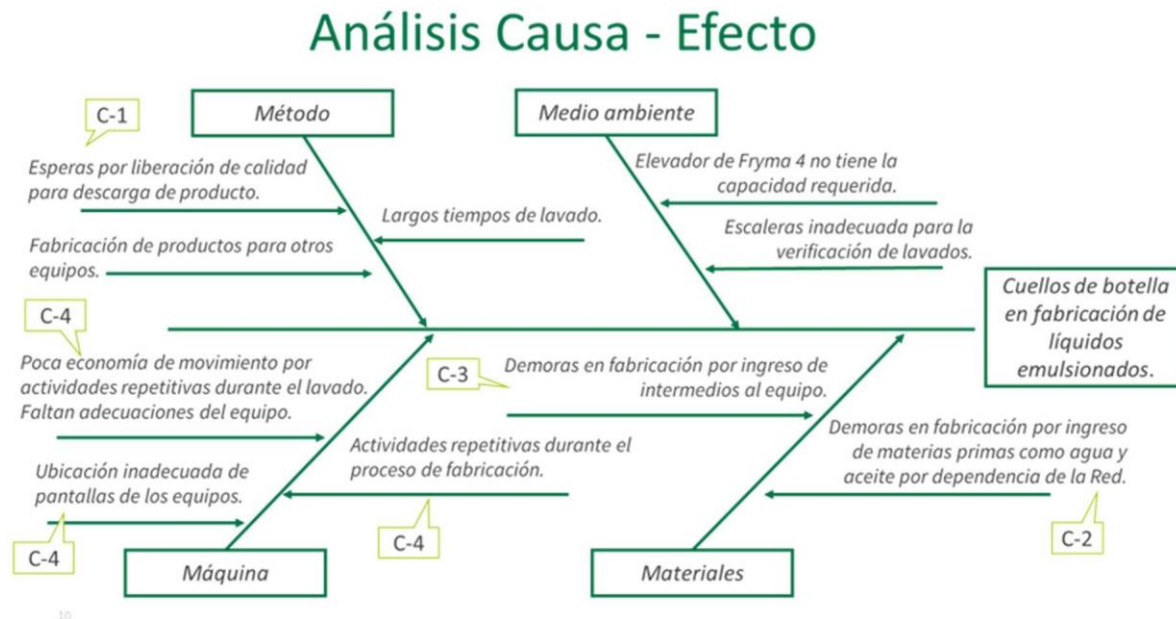
En el análisis causa efecto se encontraron varias causas de los cuellos de botella en fabricación líquidos emulsionados, dentro de este trabajo se tuvieron en cuenta los que a nuestro criterio y según los tiempos obtenidos tenían más relevancia.

Maquina: Ubicación inadecuada de equipos, poca economía de movimientos

Materiales: lento ingreso de intermedio, lento ingreso de agua y aceite

Medio ambiente: equipos mal diseñados que no gene

ran una ayuda para el operador

Figura 15*Diagrama causa efecto**Fuente. Autoría propia*

Automatización De La Dosificación Del Intermedio

Considerando que uno de los factores a mejor identificados en el diagrama de causa-efecto es el ingreso de los intermedios, se automatiza el sistema de modo que se de paso directo de la mostaza intermedio a los procesadores fryma. En la imagen se puede observar cómo quedo conectado todo el sistema por medio de tuberías pasando por el flujómetro a cada uno de los equipos de fabricación emulsionados, el PLC controla la dosificación medida del intermedio, además de almacenar un histórico de un año de todas las descargas realizadas lo cual nos ayudara para llevar trazabilidad de esta operación

Figura 16

Plano de distribución del sistema

Paso de intermedio



Se realizo el cargue automático a través de un medidor de caudal másico para los dos frymas.

Fuente. Autoría propia

Si se quisiera como paso posterior del actual proyecto mejorar los tiempos, específicamente el tiempo de ingreso del intermedio; se deben tener en cuenta las variables descritas en la metodología para asegurar la exactitud de la cantidad solicitada como son: presión de vacío del procesador, frecuencia de la bomba lo que aumentaría el caudal de ingreso y por ende disminuiría el tiempo en este paso del proceso.

El procesador fryma mide la presión atmosférica en milibares y en valor absoluto, por esto siempre presenta un dato positivo 704 milibares como presión atmosférica de esta región. se trabajó a una presión de 400 mbar para poder llegar a una succión de 1 kg/ minuto; que es el caudal necesario para la elaboración de una emulsión así mismo de la mostaza intermedio.

La bomba centrífuga se debió trabajar a 40 Hz para alcanzar 1 kg/ minuto y así igualar la presión generada por el procesador frima.

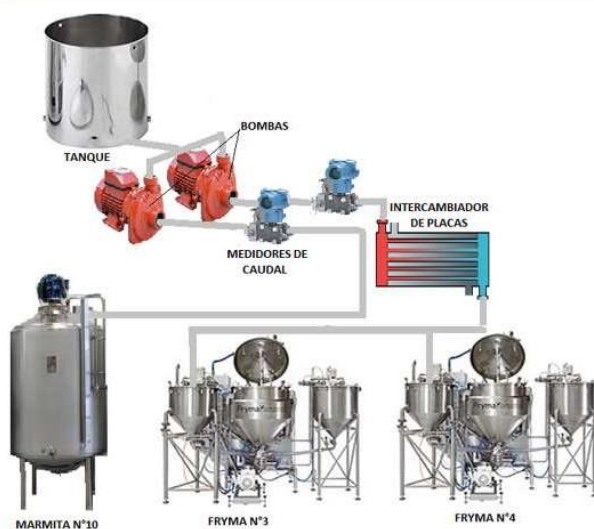
Se independizan las líneas y se incorpora bomba centrífuga a cada una de ellas para mejorar tiempos de descarga, Con esta modificación se pasa de un tiempo de descarga de 20 litros por minuto a 80 litros por minuto, lo cual mejora 4 veces la descargade aceite, disminuyendo los tiempos de proceso y las esperas generadas en los otros equipos de fabricación ya que en la línea

de frymas son 4 equipos, de los cuales solo se puede dosificar para un fryma a la vez.

Figura 17

Plano ilustrativo de sistema de agua y aceite

Dosificación de aceite



Actualmente se tiene solo con una línea de dosificación para todos los Frymas, lo que genera retrasos por solo poder cargar uno a la vez.

Velocidad actual: 20 lt/ min
Tiempo de descarga: 13 min (260 lt)

Se independizan las tuberías de dosificación de aceite y las bombas de suministro.

Velocidad deseada: 80 lt/ min
Tiempo de descarga: 3 min (260 lt)

Fuente. Autoría propia

Adecuaciones para Mejorar el Exceso de Movimientos

En el análisis causa-efecto, se identificó también que el sistema presentaba ubicación inadecuada de equipos, lo que llevaba a poca economía de movimientos. Ante esta situación, se realizan cambios estructurales que además ayudan a mejorar las condiciones de trabajo, con la modificación de la plataforma el montacarga descarga los batches en ella, lo que permite que el operario realice la dosificación de las materias directamente a la tolva del equipo. Mejorando tiempos y ergonomía.

Figura 18

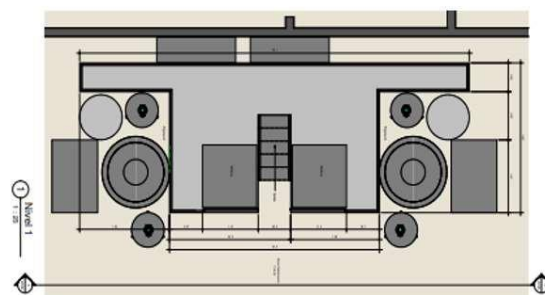
Plan de acción para exceso de movimientos

Exceso de movimientos



Situación actual:

Desplazamientos constantes para montar los paquetes del batche en el ascensor de la plataforma.



Plan de acción: *Instalar una plataforma en la zona para los frymas # 3 y # 4 que permita disminuir los desplazamientos durante el proceso de fabricación y lavado.*

Fuente. Autoría propia

Verificación del Proceso

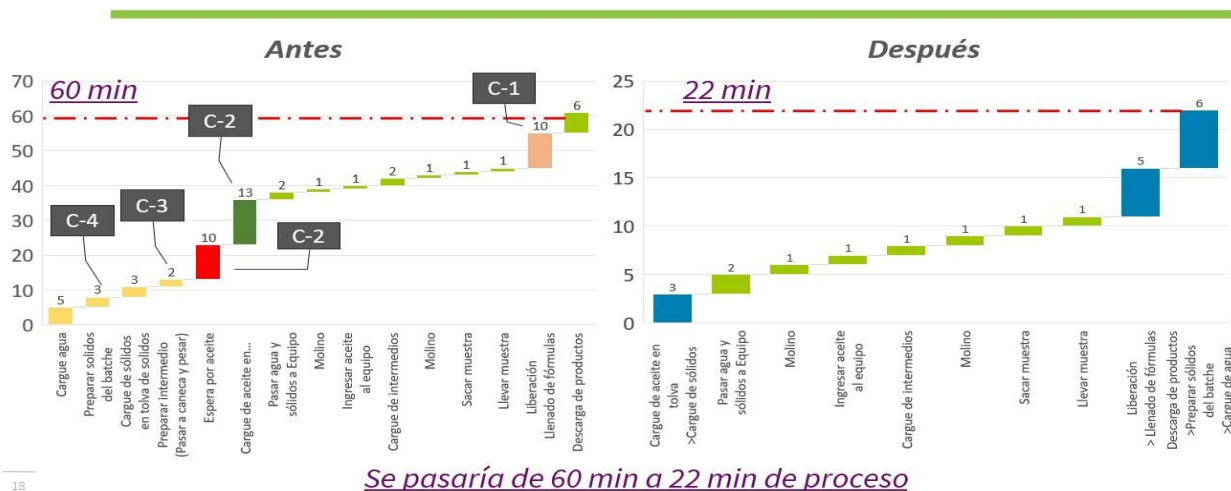
Con todos los cambios y mejoras en el sistema fue posible disminuir el tiempo del proceso de producción de la salsa mayo-mostaza en un 63% como se muestra en la imagen 8. Con esto, se elimina el cuello de botella, disminuye tiempos de proceso lo cual aumenta la capacidad instalada de la zona, además de obtener un proceso más limpio lo cual disminuye la probabilidad de cometer errores en el proceso y riesgos de contaminación ocasionada por fractura de materiales de empaque utilizados en el reproceso de empaque de intermedios; ya que como el intermedio va directamente a ser utilizado en la fabricación no será necesario utilizarlos. Por esto se bajan costos asociados a materiales de empaque utilizados en el intermedio y se logran una mejora en los tiempos de fabricación.

Los principales cambios se dieron en el proceso del intermedio es por esto que los análisis microbiológicos se enfocaron en la mostaza, pero se sigue el procedimiento establecido por la compañía de frecuencia para análisis del producto terminado los cuales dieron conformes lo cual era de esperarse ya que esta parte del proceso no se cambió.

Figura 19

Resultado proceso de fabricación

Resultado Proceso de Fabricación



Fuente. Autoría propia

Proceso de Fabricación vs Empaque

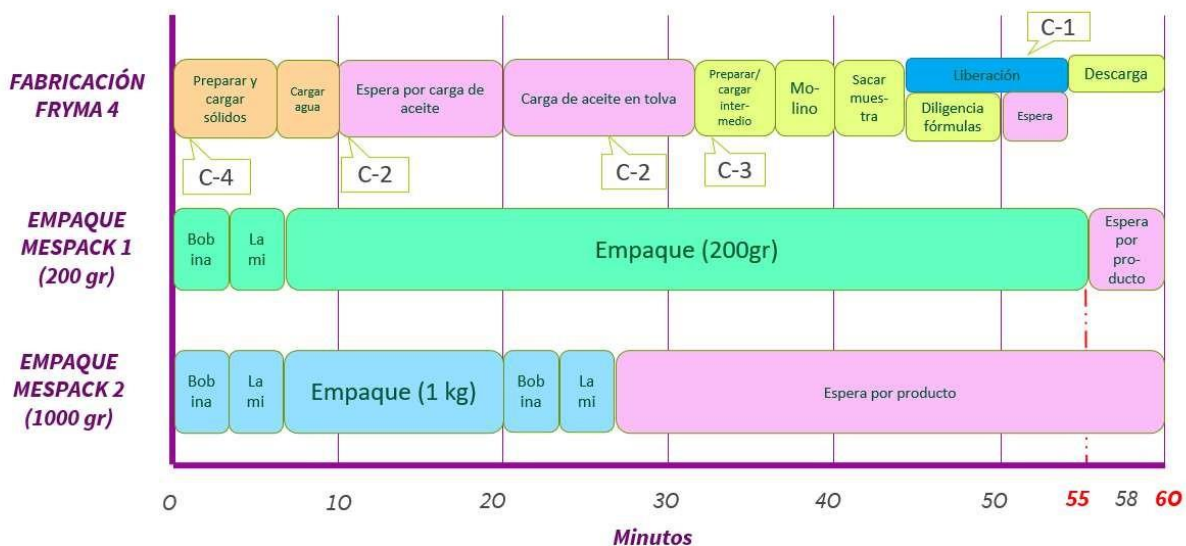
Con los cambios realizados se logró igualar los tiempos de fabricación del producto, con los tiempos de empaque en presentación por 1 kg. Importante mencionar, que este era un cuello de botella para la compañía debido a que para empaquetar 600 kg se requieren 20 minutos, mientras que, para la fabricación de esta misma cantidad de producto, se requerían en promedio 60 minutos, lo que generaba paros constantes por espera de fabricación de producto.

Se observa que el proceso en el fryma 4 la fabricación de un lote de mayo con mostaza se demora en promedio 60 minutos lo cual genera paros constantes en las máquinas empaquetadoras mespacks, teniendo en cuenta que en unidad de empaque de 200 g ellas tardan en promedio para un lote de 600 kg, 55 minutos, versus el tiempo de fabricación; la máquina estaría sin producto 5 minutos.

Figura 20

Análisis de cuello de botella en proceso

Proceso de mayo con mostaza (600 kg)



Fuente. Autoría propia

Conclusiones

El resultado de este proyecto en cuanto a productividad; reflejada en tiempos de proceso principalmente, fue satisfactoria, con una reducción de 63% del tiempo total del proceso en fabricación de salsa mayo mostaza. Esta reducción en los tiempos de fabricación, permite reducir los tiempos paros de las maquinas empacadoras por falta de producto, mejorando la eficiencia de la planta.

Después de la realizar pruebas microbiológicas y obtener resultados conformes, se define que el intermedio de mostaza, puede permanecer en el tanque, mientras se finaliza su consumo total, por un tiempo de 12 horas, sin representar un riesgo potencial de Re contaminación microbiológica.

Con la implementación del uso del flujómetro para el ingreso de intermedio mostaza, se logra la automatización de la actividad del ingreso de este, ya que con el ajuste adecuado de densidad para cada producto (intermedio mostaza, intermedio tomate, etc.) con este proyecto se implementó una mejora general para los productos que requieren intermedio.

Con las modificaciones estructurales realizadas en este proyecto se pudo mejorar la ergonomía de los operarios, teniendo en cuenta que estas son el tipo de patología laboral con la tasa de incidencia y prevalencia más alta. Como consecuencia de ello, es de vital importancia considerar los riesgos ergonómicos en una empresa para prevenir el daño a la salud de los trabajadores.

El uso del flujómetro no genera un aumento en la incertidumbre de la cantidad de intermedio mostaza ingresado al fryma, ya que en las verificaciones de peso realizadas a la cantidad programa en el flujómetro dio una desviación del 0.

Referencia Bibliografía

- Aranberri, I., Binks, B. P., Clint, J. H., & Fletcher, P. D. I. (2006). Elaboración y caracterización de emulsiones estabilizadas por polímeros y agentes tensioactivos. *Revista iberoamericana de polímeros*, 7(3), 211-231.
- Bermúdez, E. R., & Camacho, J. D. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 40(3-4), 127-142.
- Boatella Riera, J., Codony Salcedo, R., López Alegret, P. (2004). *Química y Bioquímica de los alimentos II* (eBook). España: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Chavarria M. (2013). PH de los alimentos y la seguridad alimentaria. *Revista eroski consumer*, <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-ph-de-los-alimentos-y-la-seguridad-alimentaria.html>.
- Coluccio, Leskow, E. (2021). Ley de Faraday. <https://concepto.de/ley-de-faraday/>. Última edición: 15 de julio de 2021.
- Friberg, S., Larsson, K., Sjoblom J. (2004). *Food Emulsions*. Fourth Edition. University of Missouri-Rolla, Rolla, Missouri and Clarkson University, Potsdam, New York, USA.
- H. James (1997). *Administración total del mejoramiento continuo. La nueva generación*. Colombia: Editorial Mc. Graw Hill Interamericana.
- Moros Martínez, J (2001). *Reología de emulsiones alimentarias estabilizadas con yema de huevo*.
- Pallás Areny, R. (2004). *Sensores y acondicionadores de señal*. España: Marcombo.
- Rodríguez J. (2005). *Microbiología: lo esencial y lo práctico*.

Rs. Rosa, V. da S., & Júnior, D. de M. (2017). Design of Heat Transfer Surfaces in Agitated Vessels. In Heat Exchangers - Design, Experiment and Simulation. InTech.

<https://doi.org/10.5772/66729>

Vickie A. Vaclavik, Elizabeth W. Christian en la serie de textos sobre ciencia de los alimentos

(2014) Caudalímetro Proline Promass F 300, recuperado de:

<https://www.co.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-caudal/caudalimetro-coriolis-robusto?t.tabId=product-overview>.