

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN LA ELABORACIÓN DE
CONOS MOLDEADOS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN (MTAI Y II) EN LA
PLANTA DE SOLUCIONES OMEGA (MOSQUERA)**

BRAYAN STEVEN LIS GONZALEZ

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, DC.
2019**

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN LA ELABORACIÓN DE
CONOS MOLDEADOS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN (MTAI Y II) EN LA
PLANTA DE SOLUCIONES OMEGA (MOSQUERA)**

BRAYAN STEVEN LIS GONZALEZ

**Proyecto integral de grado para optar por el título de:
INGENIERO QUIMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, DC.
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma Jurado 1

Firma Jurado 2

AGOSTO 2019
DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente institucional y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCIA-PEÑA

Vicerrectora de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Ing. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería Química

Ing. LEONARDO de JESUS HERRERA GUTIERREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente, no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Este logro se lo quiero dedicar primero a Dios por haberme dado la fuerza, la fe y todo lo necesario para poder llegar hasta este momento donde culmino mis estudios de pregrado, por permitirme desarrollar este proyecto sin nunca desfallecer por más vicisitudes que se presentasen en el camino, a mi padres ya que sin ellos no sería el hombre que soy hoy en día y mucho menos hubiera logrado llegar hasta aquí si no hubiese sido por su apoyo, comprensión, consejos y amor, a mi hermana por siempre ser un motivo para salir adelante, a Camila Urrego por creer en mí, por su amor y por impulsarme en esta carrera en busca de mis sueños.

Brayan Steven Lis Gonzalez

AGRADECIMIENTOS

A Soluciones Omega por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto de mejora en sus instalaciones, por los recursos que me brindaron para el desarrollo de éste, por la confianza y el tiempo que me dieron para aprender del proceso, de manera especial le quiero agradecer al ingeniero Felipe Correa por el tiempo y consejos que sirvieron para encaminar este proyecto, al ingeniero Andrés Forero por su colaboración, Al ingeniero Jairo Vargas por enseñarme que la brecha entre academia y la realidad es muy grande, A la ingeniera Laura Ortiz por brindarme el espacio necesario para la consecución del proyecto, Al ingeniero Juan Riobo por permitirme experimentar y trabajar en la planta de producción, A la ingeniera Elizabeth Torres por su atención y consejos, A los operarios de producción por brindarme toda la ayuda y el conocimiento que adquirieron sobre el proceso a lo largo de los años

CONTENIDO

	pág.
1.MARCO REFERENCIAL	17
1.1 MARCO TEORICO	17
1.2 MARCO CONCEPTUAL	23
1.3 MARCO LEGAL	25
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DISEÑO METODOLÓGICO	27
1.4.1 Falta de estandarización en la elaboración de mezclas	31
1.4.2 Falta de controles de proceso	32
1.4.3 Fermentación de mezclas	32
1.5 DISEÑO METODOLOGICO	32
2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL EN LA ELABORACIÓN DE CONOS MOLDEADOS DE LAS LÍNEAS MTA DE SOLUCIONES OMEGA	35
2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE CADA ETAPA	35
2.1.1 recepción y almacenamiento de la materia prima	35
2.1.2 Premezcla	36
2.1.3 Mezcla	37
2.1.4 Almacenamiento	41
2.1.5 Transporte	43
2.1.6 Cocción	44
2.1.7 Descripción de las condiciones ambientales	49
2.1.8 Recepción y almacenamiento	49
2.1.9 Premezcla y mezcla	49
2.1.10 Almacenamiento	50
2.1.11 Área de cocción	51
2.1.12 Identificación de las materias primas. En esta etapa se evaluaron las materias primas involucradas en la elaboración de conos moldeados.	52
2.1.13 Identificación de las formulaciones actuales.	55
2.1.14 Identificación de los defectos.	57
2.1.15 Análisis del proceso fermentativo..	60
2.1.16 Comprobar los sistemas de medición actuales de materias primas.	63
2.1.17 Sistemas de medida de líquidos.	64
3. SELECCIONAR LA ALTERNATIVA DE MEJORA DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN MTA	65
3.1 CONTROL DE LA CANTIDAD DE AGUA	65

3.2 CONTROL DE PH	66
3.3 CONTROLES DE MATERIA PRIMA	68
3.4 CONTROLES AMBIENTALES	69
3.5 CONTROL DE LA TEMPERATURA DE LA PLANTA	69
3.6 ADICIÓN DE CONSERVANTES	70
3.7 CAMBIO DE HARINA	70
3.8 DETERMINADOR DE HUMEDAD	71
3.9 VISCOSÍMETRO	72
3.10 ANÁLISIS DE DATOS DEL PROCESO FERMENTATIVO Y LA DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	72
3.11 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DEL PROCESO	74
4. COMPROBACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA A NIVEL EXPERIMENTAL	77
5. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA.	81
6. CONCLUSIONES	84
7. RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFIA	86
ANEXOS	88

LISTADO DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Alveógrafo y alveograma	18
Figura 2. Clean in place	19
Figura 3. Cono moldeado	22
Figura 4. Producción de copita Miel	28
Figura 5. Producción copita Gustto	29
Figura 6. Producción artesanal de mezcla	31
Figura 7. Bidón de polietileno	36
Figura 8. Cucharón para determinar la viscosidad	41
Figura 9. Área de almacenamiento de mezcla	42
Figura 10. Tubería de transporte de mezcla	43
Figura 11. Pulmón o volumen de control	44
Figura 12. Flauta dispensadora y molde macho	45
Figura 13. Tren de soporte de moldes	46
Figura 14. Rascador superior e inferior	47
Figura 15. Cono copita Gustto y copita Miel	58
Figura 16. Defectos conos moldeados	58
Figura 17. Carbón y partículas extrañas	59
Figura 18. Deformación del moldeado	59
Figura 19. Galleta partida	60
Figura 20. Análisis del proceso fermentativo	61
Figura 21. Ambiente área de cocción MTA I	62
Figura 22. Fermentación en el área MTA I	63
Figura 23. Cubicación del homogeneizador	66
Figura 24. PHmetro de solidos	67
Figura 25. Determinador de humedad	71
Figura 26. Costo determinador de humedad	82
Figura 27 Costo phmetro	82
Figura 28. Costo higrómetros	83
Figura 29. Elaboración copita gustto	89

LISTADO DE GRAFICAS

	pág.
Grafica 1. Ambiente área de mezcla	50
Grafica 2. Ambiente área de almacenamiento	51
Grafica 3. Ambiente área de cocción MTA I	52
Grafica 4. Comparación entre la fermentación y el área de cocción de la MTA I	72
Grafica 5. Adición de NaCl a la mezcla	78

LISTADO DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Propiedades típicas de una harina galletera	18
Tabla 2. Criterios de aceptación de harina	54
Tabla 3. Formulación MTA II	56
Tabla 4. Formulación MTA I	57
Tabla 5. Comparativo harina de soluciones omega y una harina típica de galletería	70
Tabla 6. Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas copita Gustto	79
Tabla 7. Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas copita Miel	80
Tabla 8. Costos de la materia prima por gramo	90

RESUMEN

Este proyecto se realizó en la planta de Soluciones Omega S.A (Mosquera), específicamente en la línea de producción MTA I y II, donde se elaboran conos moldeados. Inicialmente se elaboró una descripción del proceso que se llevaba actualmente en la producción de las galletas copita miel y copita Gustto. Para facilitar la información acerca del proceso se elaboró un diagrama de flujo, se estudió etapa por etapa para determinar posibles mejoras de proceso e identificar los problemas que pudiesen presentarse en cada una de éstas.

Se realizó una verificación de las materias primas para corroborar que se cumple con la norma Colombiana los gramajes de cada una de las materias primas con respecto a la formulación de cada galleta y a su vez se evaluaron los sistemas de medida utilizados en la fabricación de las mezclas para determinar si alguno de estos puntos eran influyentes en la variación de la elaboración de la mezcla; se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de cada una de las materias primas y del producto terminado, con el fin de garantizar la calidad y el grado alimenticio de éstas. Se llevó a cabo una descripción de las variables ambientales de la planta, etapa por etapa, la comprobación de las formulaciones actuales, el análisis del proceso de fermentación de las mezclas, la comparación entre las condiciones de fermentación y las condiciones ambientales de la planta, se verificó el uso de algunas de las materias primas, la identificación de algunos puntos críticos y puntos críticos de control. Todo esto para realizar el diseño de una propuesta robusta donde se logrará mitigar tres problemas presentes en la planta, los cuales eran la variación en la fabricación de mezclas por falta de estandarización del proceso, el rechazo de mezclas, el cual es uno de los mayores problemas presentes en la línea de producción de galletas moldeadas; por último, la falta de controles que permitan determinar el estado real de la mezcla y el tiempo remanente antes de realizar el aseo a la tubería.

PALABRAS CLAVE: Conos moldeados, fermentación de mezclas, condiciones ambientales, rechazo de mezcla, formulaciones actuales.

INTRODUCCIÓN

La planta de producción de galletas para helados de Soluciones Omega cuenta actualmente con 4 líneas de producción de galletas para helado (VTRO, JUPITER, G500, MTA I y MTA II) las cuales le brindan la posibilidad de producir diferentes tipos de galletas, como copita Miel, copita Gustto, copita Kid, galleta plana, tulipas y enrollados de 13g, 15g y 18g. Las diferencias entre los productos radican en las formulaciones ya que las etapas de los procesos son muy similares; primero se realiza la recepción y almacenamiento de las materia primas; se procede con la realización de las premezclas, que son las que llevan los ingredientes sólidos de menor cantidad presentes en la mezcla; al mismo tiempo se homogeniza la oleína y la lecitina; a continuación, se procede con la medición del agua y la adición de la oleína y lecitina, esencia de vainilla y colorante según corresponda a la formulación. Después se añade la premezcla; por último, se agrega la harina para proceder con el homogenizado de la mezcla y transportarla hasta el tanque de almacenamiento que será el encargado de alimentar los pulmones por medio de una tubería responsable de mantener la alimentación de la mezcla a la máquina.

Para realizar una propuesta de mejora en la línea de producción MTA I Y II inicialmente se ha realizado una serie de inspecciones en diferentes puntos del proceso, con el fin de conocer el funcionamiento actual de la planta. Se realizó un diagnóstico general acerca del funcionamiento de las diferentes etapas involucradas en el proceso. El diagnóstico general indicó que actualmente existen tres problemas en la planta de producción: Variaciones significativas en la preparación de mezclas, Falta de controles que indiquen el estado actual de la mezcla, de la tubería y la fermentación de las mezclas.

La formulación de la propuesta de mejora se ve enfocada en mitigar estos tres problemas que se presentan en la planta de producción con el fin de obtener mejoras operativas y productivas. Además, maximizar el uso de las materias primas involucradas en el proceso, a continuación, se realizó la comprobación de la mejora a nivel experimental, por último, se realizó un análisis de costos de la alternativa propuesta.

OBEJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de mejora en la elaboración de conos moldeados en las líneas de producción (MTA) de la planta de soluciones omega (Mosquera).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar el estado actual en la elaboración de conos moldeados de las líneas MTA de Soluciones Omega.
2. Seleccionar la alternativa de mejora de las líneas de producción MTA.
3. Comprobar la alternativa de mejora a nivel experimental.
4. Realizar el análisis de costos de la alternativa de mejora.

GENERALIDADES

Soluciones Omega S.A es una empresa creada en el año 2004 dedicada a ofrecer servicios de alistamiento, transformación, empaque y comercialización de toda clase de productos alimenticios, farmacéuticos y veterinarios en empresas como Alpina, Colcafe, Polar, Pepsico, Doria, Suizo y Ramo.

En el año 2009 fortalece su operación ofreciendo una línea de producción, enfocada a la venta de barquillos, conos y derivados de la industria de galletería. Soluciones Omega ha logrado posicionar su producto en grandes empresas (Meals de Colombia, KFC, Helados Fredinno, Bugui, Unicream, Tropicream) y a pequeños distribuidores en su trayectoria en el mercado.

Buscando permanecer vigentes en el mercado y ampliar sus clientes institucionales, Soluciones Omega se ve en la necesidad de generar un método para asegurar a los clientes que los procesos que allí se están elaborando cumplen con los estándares de calidad que la industria de alimentos y la globalización de los mercados nacionales demanda.

Actualmente Soluciones Omega cuenta con 500 operarios, de los cuales 60 forman parte del área de producción y el restante de servicios. En producción existen 5 líneas (VTRO, MTA, JUPITER, G500, E50), las cuales se encargan de producir cono copita Miel, copita Gustto, copita Kid, enrollado 13g, 15g y 18g (vainilla, chocolate, chocolate vainilla, vainilla chocolate), obleas, tulipas y barquillos entre otros.

Debido a que muchas de las galletas producidas se usan para elaborar referencias de gran reconocimiento a nivel nacional es crucial el aseguramiento y mejoramiento de la calidad en términos de inocuidad y características de valor para el cliente.

1. MARCO REFERENCIAL

En la actualidad el poder ser competitivo es sinónimo de máximo aprovechamiento de los recursos disponibles.

1.1 MARCO TEORICO

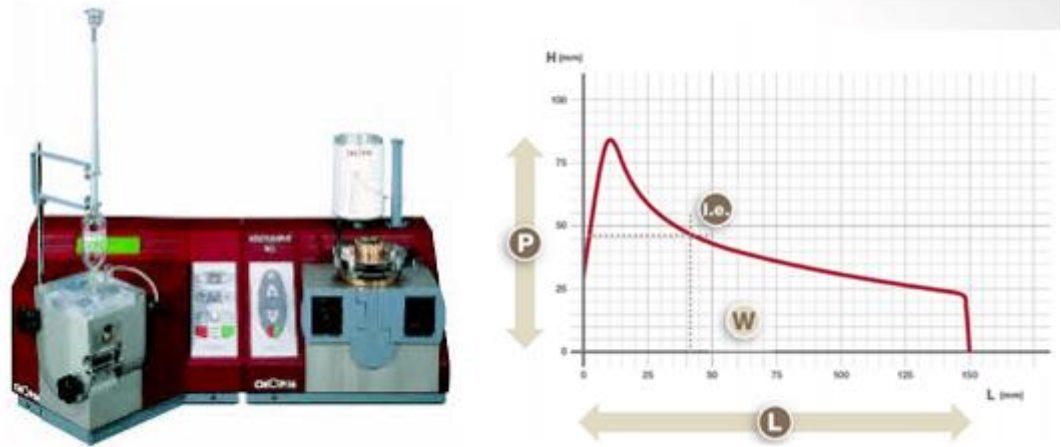
Alcalinidad. Es la capacidad para neutralizar ácidos, reaccionar con iones hidrogeno (H⁺), aceptar protones o la medida del contenido total de iones hidroxilo (OH). Es causada por la presencia de tres clases de compuestos: bicarbonatos, carbonatos, e hidróxidos; y en trazas menores de boratos, silicatos, fosfatos, entre otros. La alcalinidad es medida por la titulación de una alícuota de una muestra con ácido clorhídrico (HCl) o ácido sulfúrico (H₂SO₄) utilizando indicadores como la fenolftaleína, metil naranja o metacresol, donde su valor se expresa como la concentración equivalente de CaCO₃ en (mg/L)¹.

Alveógrafo. Es un dispositivo tecnológico que permite determinar la calidad de la harina, la cual está relacionada con propiedades funcionales de las proteínas; La harina de trigo puede ser clasificada según su fuerza, índice de equilibrio o una combinación de éstas. El alveógrafo permite determinar estas variables, primero se prepara la harina para realizar los alveolos; se inicia con la hidratación de la harina con una solución salina de NaCl al 2% en peso, se procede al mecanizado y estrujamiento de la harina ya preparada y así dar forma a los alveolos mediante un rodillo y una preforma con el objetivo de asegurar que todos los alveolos que se van a probar son iguales, se procede a someter la muestra en forma circular a la inyección de aire, ésta se empieza a expandir hasta que la presión interna sea mayor y fracture el alveolo, el resultado es una gráfica conformada en el eje de las abscisas por la elasticidad (mm) y en las ordenadas por la tenacidad o la presión que permite determinar (W) la fuerza de la harina, en unidades de 10^{-4} Joules; se calcula el área bajo la curva del alveógrama, para medir la tenacidad se determina cual es el punto más alto de la gráfica y se lee en las ordenadas, la extensibilidad de la masa mide la viscosidad de ésta y se lee en el eje de las abscisas en el largo de la curva ², el alveógrafo y alveógrama se puede observar en la figura 1, mientras que en la tabla 1 se muestra cuáles son las características típicas de una harina destinada a la fabricación de galletas. Uno de los criterios de Soluciones Omega para dar aceptación a la harina de trigo, están basados en el conjunto de propiedades resultante del alveógrama; tenacidad, extensibilidad, fuerza e índice de equilibrio.

¹ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad Del Agua. Tercera edición. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009. p. 119. ISBN 9789588060

² OSBORNE, E. (2009). Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. Temas de Ciencia y Tecnología, 13(38), 27-32.

Figura 1. Alveógrafo y alveógrama



Fuente: ARNAUD DUBAT; Alveógrafo teoría y principio del método;[diapositivas]; España; consultado el 23 mayo de 2019; 43 diapositivas.

Gracias a la evaluación de las propiedades relacionadas con la cantidad de gluten se puede determinar cuál es el mejor uso que se le puede dar a la harina y de esa manera obtener los mejores resultados en el producto final.

Tabla 1. Propiedades típicas de una harina galletera

Tenacidad	P	30/35 Tenacidad limitada
Extensibilidad	L	130/150 muy extensible
Fuerza	W	105/90 floja
P/L = equilibrio	P/L	0,10/0,30 trigos flojos
Degradación	%	<10%

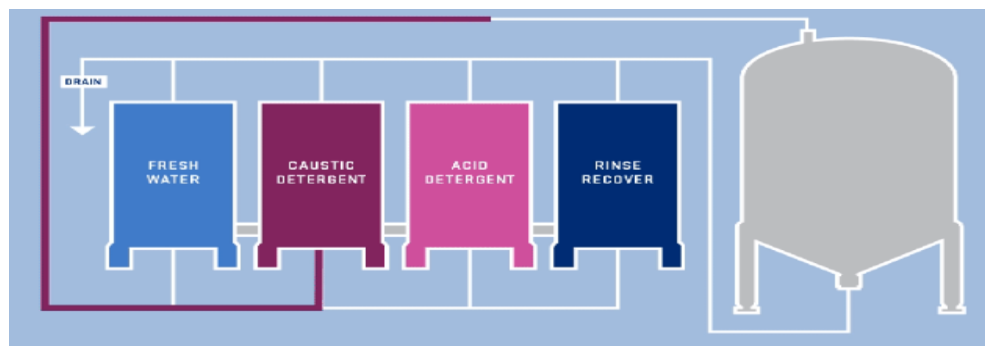
Fuente: elaboración propia

Cip. Clean In Place es un sistema que facilita la limpieza de tuberías, equipos y tanques involucrados en la producción de una manera metódica y automatizada, permitiendo la eliminación de todos los residuos de cualquier tipo que se puedan encontrar en la tubería, bombas, recipientes de almacenamiento, sensores y demás elementos que se encuentren en contacto directo con las líneas. Opera haciendo circular un químico en forma de detergente y otro que cumpla la función de desinfectante; el sentido de limpieza de las líneas debe ser el mismo que llevan las líneas de producción y así de esa manera asegurar la limpieza de todas las zonas que tienen contacto directo con éstas³.

³ LELIEVELD, H. L., HOLAH, J., & NAPPER, D. (2014). *Hygiene in food processing: Principles and practice* Elsevier.

Como se ve en la figura 2 el sistema consta de varios componentes para funcionar; primero se realiza un lavado con soda caustica a lo largo de la línea; después se procede a un lavado con agua; y a continuación con el lavado con ácido y, por último, limpiar con agua y así neutralizar el pH. La efectividad del lavado se asegura mediante la calibración previa del sistema en cuanto a las cantidades a usar, la velocidad con la que se hace el lavado y el tiempo de acción de los mismos; mientras que la limpieza de la tubería se comprueba mediante cualidades potencio métricas que indica la presencia de alguno de los agentes del lavado a lo largo de la línea. De ser así, se realiza otro lavado con agua hasta lograr neutralizar el agua saliente del final de la línea dictaminando el final del lavado.

Figura 2. Clean in place



Fuente: PAULMUELLER; The basics of clean in place; consultado el 28 de mayo de 2019; disponible en <https://academy.paulmueller.com/basics-of-clean-in-place-in-brewery> 01/04/2019

Fermentación. La fermentación es un proceso catabólico que requiere de oxígeno cuyo producto final es un producto orgánico y dependiendo del tipo de producto que genere el microorganismo encargado de la fermentación, así mismo se clasifica el tipo de fermentación que puede ser alcohólica, acética, láctica, cítrica y butírica; estas se pueden dar por estos tipos de microorganismos⁴:

- **Bacterias.** Las bacterias capaces de realizar fermentaciones son aquellas que se encargan de procesar moléculas complejas dando como producto la obtención de energía por parte de las bacterias y como resultado moléculas más simples⁵.

⁴ BAILON, R. (01/MAY/2010). Informe final de investigación "fermentaciones industriales".

⁵, (BETANCOURT, AYALA, & RAMÍREZ, 2014); Efecto del proceso de fermentación con bacterias ácido lácticas sobre propiedades reológicas de masas de maíz QPM; Diciembre 2014.

- **Mohos:** Los mohos son microorganismos particulares que durante su desarrollo pueden crear estructuras para mejorar su resistencia al ataque ejercido por el medio para su desnaturalización tienen pocas exigencias nutricionales además de tener un rango de temperatura muy alto que va desde los -0.6 hasta los 70°C, se encargan de liberar toxinas y se les acusa de ser los principales causantes de alteración y descomposición en los alimentos⁶.
- **Levaduras.** Son microorganismo que tienen una dependencia muy arraigada al oxígeno para su crecimiento, con una resistencia significativa a la acidez, pero se desnaturalizan fácilmente a altas temperaturas.

Fermentación acética. La fermentación acética es la que se usa en la obtención del ácido acético. Normalmente se desarrolla en dos etapas: en la primera, se da la fermentación de azúcares a alcoholes, para proceder con la oxidación de éstos y sintetizar el ácido acético. Mientras que la fermentación de los azúcares se da por la acción de levaduras, la formación del ácido acético se da gracias a las bacterias.

Fermentación láctica. El producto final de este proceso es el lactato. Se da de manera anaerobia y el azúcar que está involucrado en el proceso fermentativo es la lactosa gracias al trabajo de algunas bacterias lácticas. El caso más común es el proceso industrial donde se utiliza el suero proveniente de la industria de los quesos para producir otros productos vía fermentación láctica⁷.

Fermentación butírica. Se produce en ausencia de oxígeno y se da en casi todos los seres vivos. Son fermentaciones de baja energía. Se llama así por la formación del ácido butírico, aunque se puede producir butirato, butanol, dióxido de carbono e hidrógeno diatómico. Se le acusa de ser el responsable de un olor a rancio parecido a la mantequilla cuando se da la fermentación de algunos hidratos de carbono, o almidón, presentes en los alimentos⁸.

Haccp. *Hazard analysis and critical control point*, es un sistema desarrollado originalmente con el fin de asegurar la inocuidad y la seguridad alimentaria en los programas espaciales de la NASA ya que al inicio de estos programas se desconocía el efecto de la gravedad cero sobre los alimentos, el reto más grande de este programa fue el asegurar que todos los alimentos producidos estaban 100

⁶ BAILON, R. (01/MAY/2010). Informe final de investigación "fermentaciones industriales". Op

⁷ BETANCOURT, S., Ayala, A., & Ramírez, C. (2014). Efecto del proceso de fermentación con bacterias ácido lácticas sobre propiedades reológicas de masas de maíz QPM. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2)

⁸ BAILON, R. (01/MAY/2010). Informe final de investigación "fermentaciones industriales" Op.

% libre de bacterias, toxinas, químicos o elementos físicos que pudiesen poner en riesgo al consumidor. El método HACCP tiene una estrecha relación entre las técnicas usadas para el control de calidad y el conocimiento acerca del proceso, de esta manera el sistema HACCP permite determinar etapas críticas y etapas críticas de control, cualquiera de estas dos etapas puede tener repercusiones sobre el producto final⁹. El sistema de aseguramiento funciona bajo los siguientes principios; primero se analizan todos los riesgos que son posiblemente potenciales para el consumidor, después se clasifican dichas etapas en etapas críticas y etapas críticas de control para proceder a calcular los límites críticos, aquellas mediciones de variables del proceso que permitan evidenciar la desviación de éste. Al tener las etapas críticas de control y sus límites se procede a elaborar un sistema de vigilancia de éstas etapas es decir la frecuencia, quien y como debe realizar el monitoreo de dicha etapa. Por último, se establecen las acciones correctivas para cada etapa, así como un sistema de verificación que permita corroborar la linealidad del proceso y concluye con la elaboración de un archivo con documentación específica para registrar estos principios y su aplicación¹⁰.

Productos de molinería. La industria de la molinería está clasificada en la sección D que pertenece a las industrias manufactureras según la clasificación industrial internacional uniforme , división 15 elaboración de productos alimenticios y bebidas, y clasifican como productos de molinería cuando en sus proporciones incluyen algunas materias primas obtenidas de algún proceso desarrollado en una molinería, es decir, harinas como la harina de trigo para desarrollar todo tipo de productos y los derivados del almidón son clasificados como productos de molinería.

Cono para helado. El primer acercamiento en la elaboración de conos para helado fue cuando en algunos libros de cocina francés se enunciaban recetas alrededor de 1825 de cómo hacer unas galletas con forma de cucurucho. La industrialización del proceso productivo se da cuando el estadounidense Marchioni recibió la patente 746971 con la cual producía galletas en forma de copas para poder comer el helado, luego en el año 1931 se funda the Drumstick Company encargada de comercializar galletas para helado con helado como si fueran un solo producto.

Cono enrollado. La producción de conos enrollados difiere de la de conos moldeados tanto en su formulación como en la forma que se realiza la cocción ya que esta consiste en. Verter la mezcla sobre unas planchas donde se realiza la cocción de ésta; después del ciclo de cocción un sistema mecánico retira las obleas las cuales serán enviadas a los enrolladores con forma cónica para después pasar por la zona de enfriamiento y dirigirse por último a la mesa de empaque

⁹ PIERSON, Merle D. HACCP: principles and applications. Springer Science & Business Media, 2012.

¹⁰ CELAYA, C., et al. The HACCP system implementation in small businesses of Madrid's community. Food Control, 2007, vol. 18, no 10, p. 1314-1321.

Cono moldeado. La diferencia entre los moldeados y los conos tradicionales radica en la manera con la que se les da forma. Los moldeados van tomando la forma correspondiente a medida que se da la cocción, mientras que los enrollados deben realizar primero las obleas para luego darles forma de cono por medio de un enrollador, en la figura 3 se puede observar un cono moldeado con helado.

Figura 3. Cono moldeado



Fuente: CREM HELADO;
consultado el 28 de mayo de 2019;
disponible en
<http://www.cremhelado.com.co/producto/choco-cono-3/> el 1/04/2019

Reología. Es la ciencia que se dedica al estudio de la deformación y el flujo, por consiguiente, estudia la viscosidad, el comportamiento plástico, la elasticidad y cómo se deforman los fluidos a través de un medio. Estas propiedades se pueden relacionar de manera directa con la ingeniería de proceso, el diseño de las capacidades de la planta establecer las dimensiones necesarias para la tubería, las propiedades fisicoquímicas de la mezcla, con las características funcionales de ésta, además de las variables de operación de las diferentes etapas del proceso¹¹.

- **Reología de alimentos.** La reología de un alimento es fundamental para el desarrollo de nuevos productos, elaboración de equipos para el procesamiento de comida, sistemas de control de calidad para las materias primas, productos intermedios y terminados¹².

¹¹ RIVEIRO, Lourdes Consuelo Quintáns. *Reología de productos alimentarios*. Univ Santiago de Compostela, 2009.

¹² RODRÍGUEZ SANDOVAL, E., FERNÁNDEZ QUINTERO, A., & AYALA APONTE, A. (2005). Reología y textura de masas: Aplicaciones en trigo y maíz. *Ingeniería E Investigación*, 25(1)

- **Viscosidad.** Es una propiedad específica de los fluidos que hace referencia a la resistencia al movimiento del fluido cuando se ejerce una fuerza sobre él. Mientras más alta sea la viscosidad del fluido más energía se necesita para que el fluido se mueva. La viscosidad se puede definir como la medida de cuán resistente es un fluido a la deformación¹³.

Tiempo de agitación. Es el tiempo requerido para lograr una óptima homogenización, calcular el tiempo de agitación mínimo es importante para evitar la formación de grumos que se puedan ver involucrados en taponamientos de bombas o tuberías más adelante.

1.2 MARCO CONCEPTUAL

Agente leudante. Los agentes leudantes o gasificantes pueden ser de dos tipos, agentes leudantes químicos o agentes leudantes naturales la elección dependerá del producto que se quiere obtener la función del agente leudante en esencia es la misma, la cual consiste en el crecimiento de la masa ya sea durante el horneado o antes de este por la generación del gas carbónico.

Agente leudante químico o ácido. Los agentes leudantes químicos son aquellos como el bicarbonato de sodio, o bicarbonato de amonio, que al entrar en contacto con el agua y después realizar un calentamiento liberan CO₂ el cual permite el esponjamiento de la masa durante el horneado.

Agente leudante biológico. Son aquellos agentes de carácter biológico (hongos) que se encargan de realizar la fermentación de la masa a lo largo de un tiempo si las condiciones del medio son las correctas la fermentación tiene lugar liberando CO₂ lo que eventualmente causa el atrapamiento del gas en la masa incrementando por consecuencia el volumen de ésta.

Chicharrón. El chicharrón es un residuo del proceso de cocción lo que para los procesos de moldeado de polímeros es equivalente a la rebaba, es el sobrante de la mezcla que se cuece fuera del molde y antes de desmoldar el producto final es retirado por medio de unas cuchillas.

Galleta partida. La galleta partida es la denominación de todas las galletas que salen incompletas o mal cocidas a lo largo del proceso. Debido a que no cumplen con alguna característica de calidad deben ser retiradas del proceso.

¹³ NAVAS, J. (2006). Fundamentos de reología de alimentos.

Gluten. Es la proteína de la harina de trigo y es la encargada de darle características visco elásticas a la mezcla por la formación de redes visco elásticas gracias al atrapamiento de aire.

Higrómetro. Es un instrumento que se encarga de medir la humedad presente en el aire, su uso en la industria de alimentos radica como herramienta de monitoreo en las áreas de almacenamiento de materias prima o productos terminados que sean vulnerables adquirir humedad¹⁴.

Homogenización. Es el proceso mediante el cual se busca obtener una serie de propiedades uniformes a lo largo de la mezcla. El proceso se da al final de la preparación de la mezcla y en la unión entre la oleína de palma y la lecitina de soya.

Mezcla no conforme. Actualmente la mezcla no conforme puede ser de varios de varios tipos, la primera es la mezcla que en su formulación le faltó un ingrediente o la proporción de estos no fue la correcta o sus características cambiaron a lo largo del procesamiento generando un cambio significativo en el producto.

MTA. Es un horno automatizado para la elaboración de conos moldeados, una máquina diseñada por HASS group, la cual puede variar entre ser de 18-48 moldes con lo que aumenta la longitud de los rieles, así como la longitud del horno.

- **Flauta dispensadora.** La flauta dispensadora es el dispositivo final del sistema de dosificación. Se encarga de dosificar la cantidad correcta de mezcla sobre los moldes.

Mezcla. La mezcla es la unión de la premezcla con la oleína más la lecitina, harina, agua y la esencia estos componentes serán homogenizados.

Molde. Es una pieza de metal sólida, que contiene una forma prediseñada en su interior, en este caso forma de cono en copita sobre el cual se va verter la mezcla por medio de una flauta dispensadora para proseguir con la cocción a lo largo del horno. Una vuelta a través de él representa un ciclo de cocción completa.

Oleo componentes. Son aquellos aceites de origen vegetal que se destinan a la producción de diferentes sustancias químicas como, esterres, alcoholes, grasas, elaboración de jabones, por lo general el uso de los aceites de origen vegetal está en la industria de alimentos.

¹⁴ ALMEYDA VILCHEZ, Jean Pierre. Aplicación de las buenas prácticas de almacenamiento para mejorar la productividad en el área de almacén de dispositivos médicos de la empresa Salud Integral Peruana SAC, Lima, 2018-I. 2018.

Porcentaje de humedad. Es el porcentaje de agua en relación con las proporciones de las otras materias primas y un factor determinante con la calidad de la galleta ya que éste es inversamente proporcional a la crocancia y puede ser un criterio de aceptación del barquillo.

Premezcla. Como medida de seguridad en la industria de los productos de molinería se acostumbra a realizar la mezcla de los ingredientes de baja proporción dentro de la formulación del proceso para eliminar posibles errores en la formulación y ayudar a mitigar la variación de las proporciones de la materia prima en la mezcla, la premezcla está compuesta por azúcar, almidón de yuca, hidróxido de sodio y bicarbonato de sodio.

Rechazo de mezcla. Es aquella mezcla que por las condiciones de operación y por la naturaleza de la mezcla inició un proceso fermentativo, imposibilitando el uso de ésta para la elaboración de conos moldeados.

1.3 MARCO LEGAL

Decreto 3075 de 1997. Es un decreto de gran importancia para el proyecto ya que sustenta muchos de los argumentos legales acerca de los procedimientos y controles que deben ser diseñados para el proceso de elaboración de conos, el decreto discrimina claramente hacia quien se aplican dichas leyes, como por ejemplo a las fabricas procesadoras de alimentos y al personal manipulador de éstos, alimentos para consumo humano y todas las actividades que estén relacionadas con el almacenamiento, transporte, distribución, procesamiento envase de alimentos.

NTC 409. Mediante la cual se regulan y se establecen los colorantes permitidos en la industria alimenticia y los requisitos que deben cumplir, además de las dosis permitidas según el alimento.

NTC 611. Cuyo objeto es establecer los requisitos que se deben cumplir y los ensayos a los cuales debe someterse el azúcar blanco, así como todas las propiedades que deben ser medidas para determinar su apto consumo tanto ensayos fisicoquímicos como microbiológicos.

NTC 1533. Habla acerca de los productos grasos comestibles específicamente la lecitina de soya, los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que debe cumplir cada tipo de presentación y a su vez la clasificación según el blanqueamiento de la lecitina y todos los procedimientos estándares a desarrollar para determinar aceptación o rechazo.

NTC 1616. Habla sobre los requisitos y las clasificaciones que debe cumplir el bicarbonato de sodio según su propósito, además de los criterios de aceptación o

rechazo y los procedimientos estándar para determinar características que permitan tomar dichas decisiones acerca de la calidad del bicarbonato según su uso.

NTC 6066. Establece todas las propiedades de los productos de molinería en este caso específicamente del almidón de yuca deben cumplir como criterio de aceptación o rechazo, los análisis microbiológicos y pruebas como determinar el contenido de almidón con su correspondiente descripción acerca de cómo realizar el muestreo.

Resolución 2115. Resolución mediante la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

GTC 99. Es una norma que brinda el instructivo para la selección de un programa adecuado de muestreo. Actualmente hay disponibles varios tipos de sistemas o programas para el muestreo. La GTC 99 se apoya en otras normas ISO para explicar la correcta forma de proceder para realizar un muestreo de elementos como los siguientes: productos finales, componentes y materias primas, servicios, materiales en proceso, suministros en almacenamiento, operaciones de mantenimiento, datos o registros y procedimientos administrativos y sin limitarse a estos.

GTC 125. Guía de referencias de métodos horizontales de análisis microbiológicos para bebidas, alimentos y alimentos para animales. En esta guía se pueden encontrar los métodos horizontales propuestos por diferentes etapas oficiales para el análisis de los alimentos además de presentar alternativas metodológicas del proceso horizontal desarrolladas por entidades oficialmente reconocidas. También se describen como son los medios de cultivo, los rangos de la temperatura y los tiempos límites de incubación según el microorganismo a detectar

NTC1241. Esta norma habla acerca de los requisitos y ensayos que deben cumplir todos los productos de molinería, también referencia las leyes indispensables para el cumplimiento de la norma; además, brinda una clasificación inicial del tipo de galleta. Según la NTC 1241 las galletas son productos obtenidos mediante el horneado apropiado de una masa (líquida, sólida o semisólida), las galletas que se cuecen mediante el calentamiento de dos láminas metálicas o en moldes son clasificadas como galletas tipo obleas, conos y barquillos

NTC267. La norma técnica colombiana 267 hace referencia a los estándares de calidad que deben cumplir las harinas de trigo destinadas al consumo humano en cuanto a características como porcentaje máximo de humedad porcentaje mínimo de proteína, requisitos microbiológicos como recuento de aerobios mesófilos, E. Coli, Salmonela, mohos y levaduras.

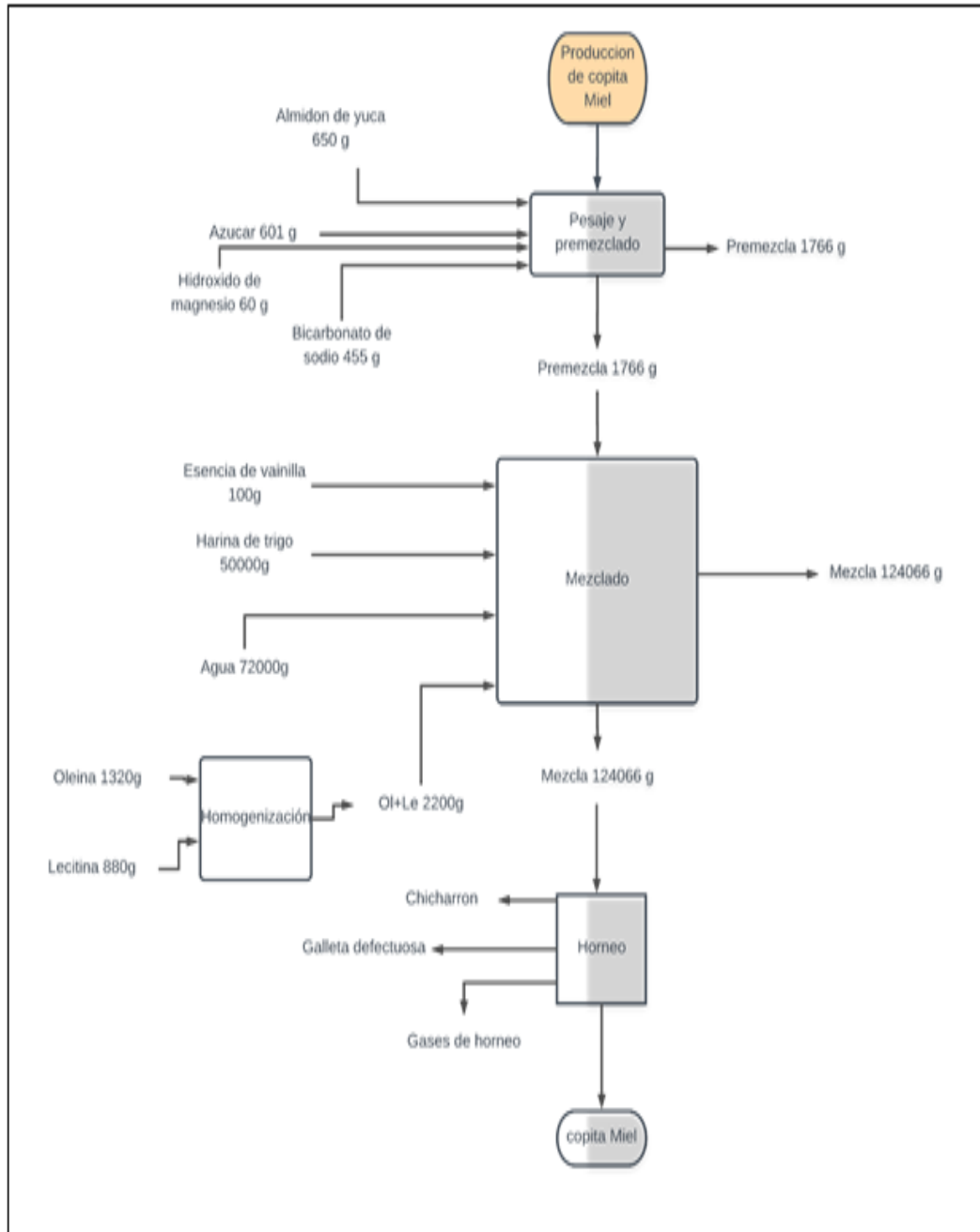
NTC4132. La NTC 4132 brinda una guía con la cual se tiene claridad acerca del procedimiento a seguir para realizar el conteo de mohos y levaduras a 25°C que forman colonias.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DISEÑO METODOLÓGICO

La elaboración de galletas para helado en la planta de Soluciones Omega (Mosquera) se desarrolla en las siguientes etapas; primero se realiza la recepción y almacenamiento de las materias primas, se procede a la elaboración de premezcla y mezcla, a continuación, se realiza el almacenamiento de la mezcla para proceder con el transporte de ésta hacia la etapa de procesamiento en el horno de cocción, a continuación en la figura 3 y 4 se muestra la fabricación de las galletas moldeadas producidas en la línea MTA I y MTA II. Aunque las galletas no son iguales, los procesos para su elaboración son muy similares ya que se dan en las mismas etapas como se puede observar en la figura 1 donde se muestra el diagrama de bloques para la elaboración de la copita miel, en la figura 4 se puede observar la similitud. En la figura 4 se puede observar; la fabricación de la copita Gustto y copita Miel, estas difieren entre sí por las características del producto terminado, así como las proporciones usadas para la fabricación de la premezcla. Además, como se puede observar en la figura 4 la copita Gustto requiere tintura caramelo para producir el color deseado al final del horneado. Es una breve introducción a cómo se desarrolla el proceso de elaboración de conos moldeados, todas las observaciones datos y demás descripciones puntuales acerca del funcionamiento de la planta se desarrollan en capítulos posteriores.

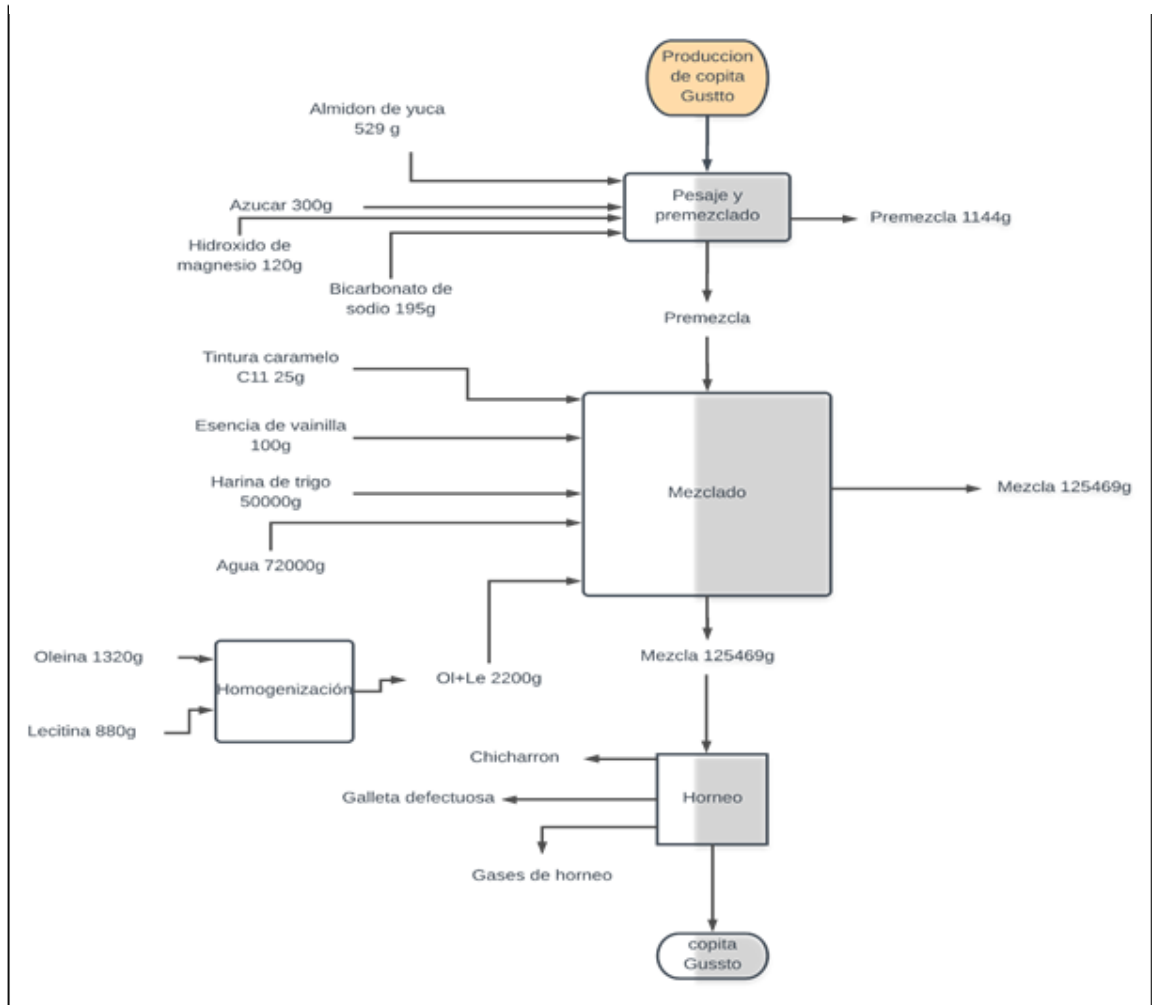
De manera general, el proceder es el siguiente, observar cuales podrían ser los factores que más influyen para que existan las variaciones actuales en cuanto a la elaboración de las mezclas, después analizar las variaciones diseñar e implementar un plan en pro de la estandarización del proceso de elaboración de mezclas. Para proceder a realizar el análisis de las variables ambientales de la planta y tomar la temperatura mínima y máxima de cada etapa, Después se realiza el análisis del proceso fermentativo; es primordial realizar la estandarización de la elaboración de las mezclas primero antes de intentar caracterizar la mezcla o su comportamiento ya que si existe una variación significativa en la cantidad de agua esta influye directamente sobre la cantidad de agua disponible en la mezcla y en la viscosidad lo que facilita la fermentación y dificulta el procesamiento de la mezcla. Durante la estandarización se realizó una comprobación acerca de los métodos de medida y de las cantidades utilizadas actualmente tanto para la copita Gustto como la copita Miel, todo lo anterior acompañado del diagnóstico realizado en la planta de Soluciones Omega teniendo en cuenta factores como las buenas prácticas de manufactura, buenas prácticas de sanitización, todos los riesgos físicos, químicos y /o biológicos que pudiesen existir en cada una de las etapas del proceso de elaboración de conos moldeados.

Figura 4. Producción de copita Miel



Fuente: elaboración propia

Figura 5. Producción copita Gustto



Fuente: elaboración propia

Actualmente la planta de producción de Soluciones Omega se encuentra en un plan de mejora continua. A medida que se han desarrollado las modificaciones en la planta de producción se han presentado otros problemas; por ejemplo, la implementación de cambios como las tuberías para el transporte de las mezclas, fue una mejora que le facilitó el trabajo de gran manera a los operarios y redujo tiempos de operación, pero a su vez se generaron problemas como el aumento de la fermentación de la mezcla. Y el difícil aseo de las tuberías al tener que desmontar la línea para poder realizar la limpieza de la línea, por todo esto y la simplicidad que implica tener un sistema de limpieza que realiza el lavado de la línea sin necesidad de desmontar la línea, solo realizando unas conexiones en ésta se implementó el sistema “clean in place” un sistema que permitió a la planta automatizar el lavado de las líneas de producción. Ahora que se puede asegurar un grado de limpieza en

la línea se procede a mitigar 3 de los problemas actuales en las líneas de producción los cuales son:

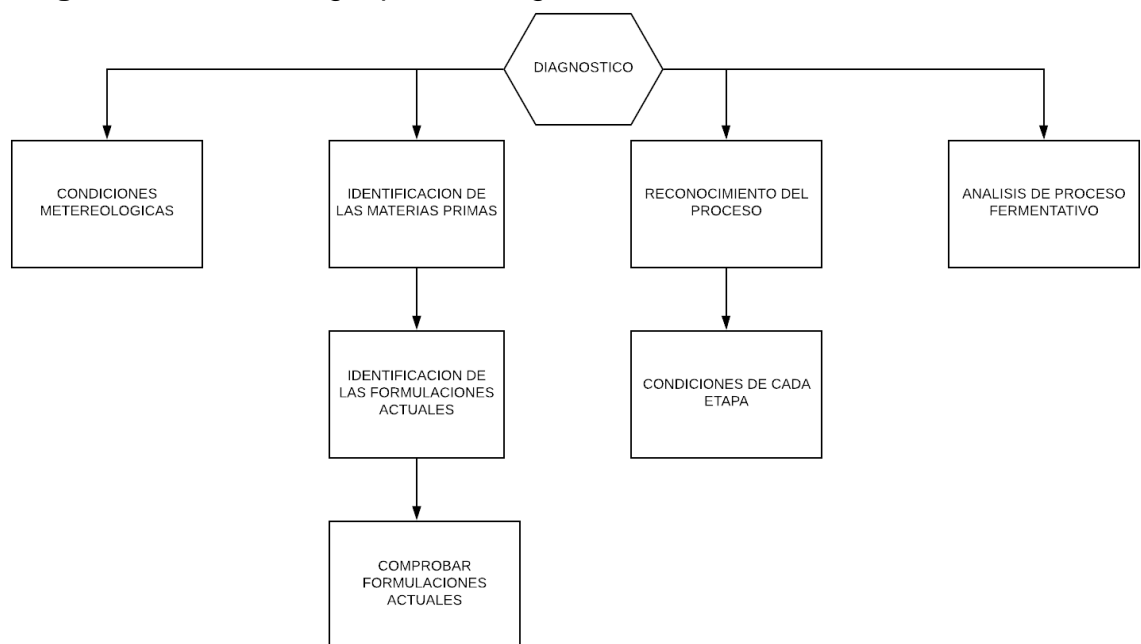
- Falta de estandarización en la elaboración de mezclas
- Falta de controles a lo largo del proceso
- Fermentación de mezclas

Los problemas que se nombraron anteriormente generan desperdicios y ponen en riesgo la calidad del producto repercutiendo en acciones correctivas, paros de líneas productivas, tiempos muertos en la producción, aseo de los implementos y equipos involucrados en el proceso.

Por esto el proyecto se enfocó en desarrollar una propuesta para dar solución o mitigación de los problemas que se describen a continuación y están relacionados de manera directa con los siguientes ítems:

- La generación de 220 galones por semana (fermentada + no conforme).
- 2500 kg de galletas partidas, las cuales se pueden subdividir a su vez en galletas crudas, galletas quemadas, galletas con rebaba y demás defectos que pueden presentar.
- 9000 kg de chicharrón o rebaba saliente de los moldes que representan grandes pérdidas de materia prima

Diagrama 1. Metodología para el diagnóstico



Fuente: elaboración propia

1.4.1 Falta de estandarización en la elaboración de mezclas. La falta de estandarización del proceso se puede evidenciar en las variaciones que hay entre cada bache producido. Estas variaciones pueden ser debidas a la naturaleza artesanal actual del proceso como se puede observar en la figura 5. Los métodos de medición actual y el factor del error humano están presentes a lo largo de la etapa de la elaboración de la mezcla, una etapa crucial en donde cualquier error en la proporción de las materias primas se puede evidenciar en etapas posteriores ya que las características de las galletas de un bache y otro son diferentes de una manera significativa. Para Soluciones Omega la calidad del producto es de vital importancia, al ser consecuentes con el destino final de las galletas moldeadas que se producen en la planta: Un producto alimenticio de consumo masivo. Las variaciones de las mezclas se dan en la etapa de elaboración ya que los métodos de medición actuales no son los más idóneos para obtener una estandarización en la elaboración de mezcla, al no cumplir con alguno de los parámetros requeridos, el parámetro con el que actualmente se verifica la correcta elaboración de la mezcla es la viscosidad, la cual se determina por medio de un cucharón para la viscosidad; cuando la mezcla no cumple el parámetro se procede a realizar una corrección de ésta mediante la adición de agua o harina según sea el caso.

Figura 6. Producción artesanal de mezcla.



Fuente: elaboración propia

Es crucial lograr la estandarización de la relación del agua y la harina para la obtención de la viscosidad deseada de la mezcla al momento de procesarla, Antes de elaborar un análisis al proceso fermentativo es mejor empezar realizando la estandarización de la elaboración de la mezcla ya que las variaciones entre un bache y otro afectan la viscosidad de la mezcla es decir que afectan la relación de agua y harina lo que influye de manera directa con la cantidad de agua disponible en la mezcla para que los microorganismos realicen sus procesos metabólicos además de influir en la cantidad de agua que se debe evaporar en el horno de cocción y como repercusión de una mezcla con diferentes valores a los deseados se obtienen galletas con un porcentaje mayor o menor de humedad y una mayor

cantidad de galleta cruda o quemada. Mientras cada mezcla que se prepare tenga la misma proporción a la anterior, será más fácil describir una tendencia o comportamiento

1.4.2 Falta de controles de proceso. A lo largo de la etapa productiva son evidentes las consecuencias del proceso tan artesanal con el que se elaboran actualmente las galletas moldeadas en Soluciones Omega, ya que no hay controles que permitan determinar la calidad de la mezcla o si la temperatura de la cocción es la correcta para lograr cualidades tanto físicas como organolépticas en las galletas, o si la cantidad de agua es la correcta al momento de elaborar la mezcla. Por eso es necesario determinar cuáles son las etapas más críticas y los factores más importantes a medir, para recolectar la información necesaria y pertinente al momento de tomar decisiones acerca de los controles necesarios del proceso, enfocados a la viscosidad, pH, perfil de textura, porcentaje de humedad, dureza y demás propiedades físicas. Y organolépticas que le generan valor al producto.

1.4.3 Fermentación de mezclas. La fermentación de mezclas es un fenómeno natural que actualmente se presenta en la planta de Soluciones Omega se desconoce completamente cómo hacer frente a dicha afectación del proceso, cómo controlar o aumentar el tiempo de vida de la mezcla. Actualmente no se usa ningún método de medición para relación el estado de limpieza de la línea de producción o el estado de la mezcla que se está procesando, por consecuente el operario percibe que la mezcla esta fermentada por la condición con la que están saliendo los conos moldeados, por el olor fétido que emana del pulmón donde la mezcla tiene contacto con el aire, y por las condiciones organolépticas de la mezcla; es decir, la experticia del operario juega un papel crucial en la calidad de conos que se están produciendo, esto genera actualmente una pérdida de 220 galones de mezcla por semana, mezcla que podría ser usada para producir galletas generando perdida de logística, tiempo, materia prima, entre otros.

1.5 DISEÑO METODOLOGICO

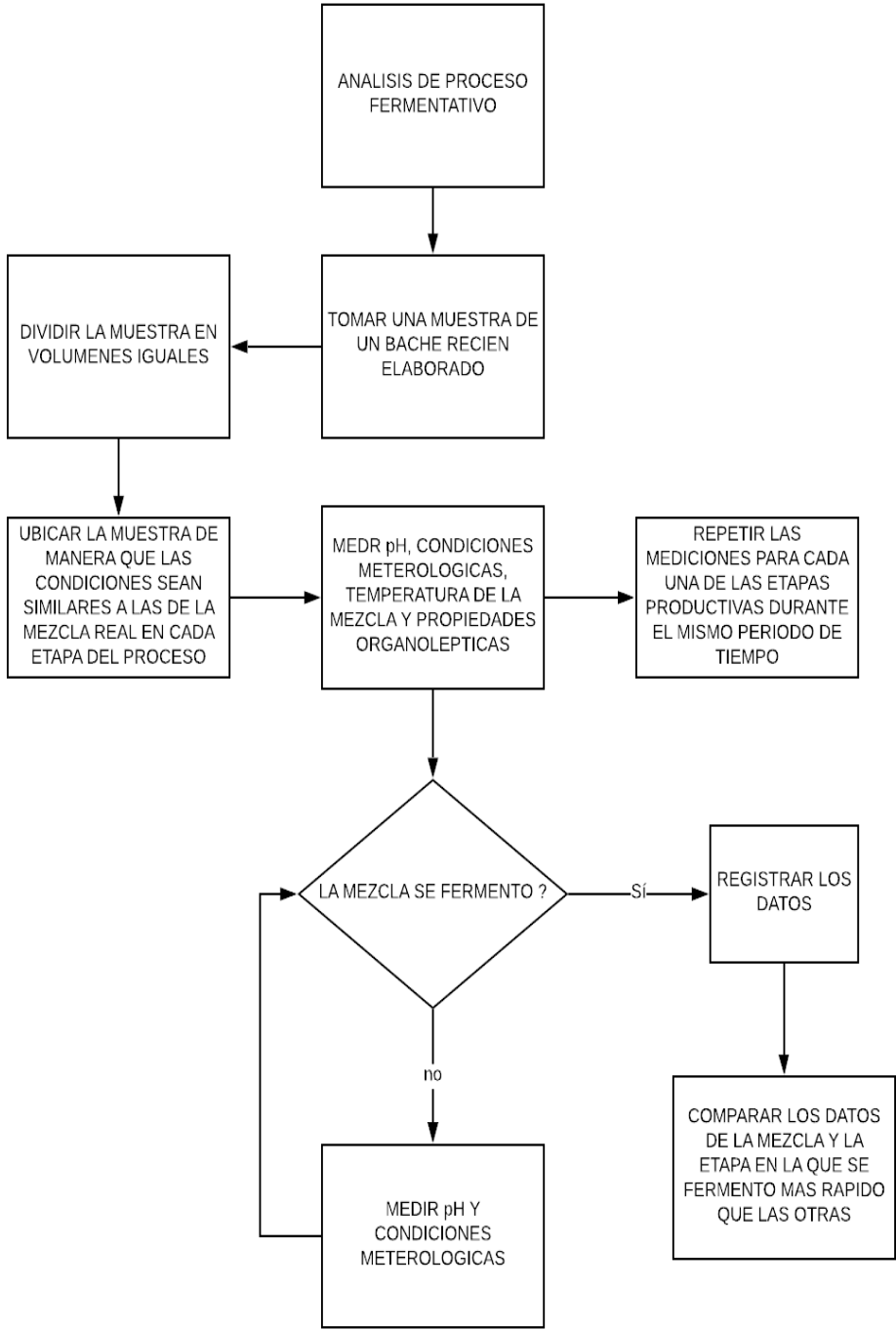
Es necesario realizar un diagnóstico enfocado a la descripción del proceso y de esta manera encontrar todas las posibles oportunidades de mejora en cada una de las etapas, desde mejoras inmediatas como a corto, mediano y largo plazo. La suma de cada una de estas mejoras se espera contribuya en gran manera al aseguramiento y mejoramiento continuo de la calidad además de la optimización del uso de materias primas y recursos. El diagnóstico a la planta de Soluciones Omega se llevó a cabo como se muestra en la figura 6; se realizó un reconocimiento del proceso para identificar las etapas de la elaboración de los conos moldeados, materias primas involucradas, formulaciones actuales, condiciones de cada una de

las etapas, condiciones ambientales como la temperatura y porcentaje de humedad en las áreas donde se desarrollan las etapas del proceso.

Los valores que se hallaron en cada una de las etapas se compararon con el resultado de la evaluación del análisis fermentativo para determinar cuál es la etapa más crítica en cuanto la generación del proceso fermentativo.

El análisis del proceso fermentativo tiene como objetivo encontrar las condiciones a las cuales se da la fermentación, además de problemas puntuales de aseo o metodología que puedan inferir en la inocuidad de la mezcla, así como la medición de condiciones de temperatura ambiente, temperatura interna, pH. Para esto se toman muestras del mismo bache y se someten a las diferentes etapas del proceso para encontrar cuál es la etapa en donde la fermentación se dé más rápido con respecto a las otras; de esta manera se pueden evaluar los límites de tiempo en cuanto a retención y demás condiciones que hay en cada etapa del proceso y determinar cuáles son las etapas críticas y las etapas críticas de control que afecten en la calidad de la mezcla. La manera como se realizó el análisis del proceso fermentativo se puede observar en el diagrama 2. Después de encontrar cuál es la etapa donde la fermentación se da más rápido, toda la experimentación en lo que respecta a la fermentación de mezclas se realizara en el área donde se desarrolle la etapa que fue señalada como la óptima para que la fermentación se presente. Por otra parte, los exámenes microbiológicos de las materias primas y del producto terminado pueden ser útiles para determinar la carga microbiana a la cual está sometida la mezcla y si cada una de ellas cumple a cabalidad con la norma NTC267 acerca del uso de estas materias primas para la industria de alimentos. En el diagrama 2 se muestra el procedimiento para evaluar la fermentación en las diferentes áreas donde se llevan a cabo alguna etapa del proceso productivo.

Diagrama 2. Análisis del proceso fermentativo



Fuente: elaboración propia

2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL EN LA ELABORACIÓN DE CONOS MOLDEADOS DE LAS LÍNEAS MTA DE SOLUCIONES OMEGA

Este capítulo contiene el diagnóstico realizado a la línea de producción MTA I y II de Soluciones Omega, las generalidades y etapas del proceso de fabricación de conos moldeados, la identificación de las materias primas y de las formulaciones actuales, así como, la comprobación de éstas; la determinación de los puntos de muestreo, la toma de muestra de mezclas, la caracterización de éstas y el análisis del proceso fermentativo de las mismas en diferentes etapas del proceso. También contiene los diagramas del proceso, donde se evidencia cada una de las etapas involucradas (premezcla, mezcla, almacenamiento, transporte y cocción). Además, la evaluación de las condiciones de higiene en el que se encuentran los instrumentos, el personal y las superficies involucrados en cada una de estas etapas.

El diagnóstico que se realizó fue en búsqueda de las oportunidades de mejora que tuvieran que ver con la estandarización del proceso, la fermentación de mezclas y los controles necesarios para el aseguramiento de la inocuidad y la calidad de los conos moldeados en cada una de sus etapas productivas.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE CADA ETAPA

En el diagnóstico realizado en la planta de producción de conos moldeados de Soluciones Omega se determinó cuáles eran las etapas y los procedimientos que se realizaban, así como las condiciones generales en las que se desarrollaban dichas etapas, para así poder identificar cuáles eran los riesgos microbiológicos, físicos y químicos. Al analizar la información obtenida en cada etapa, se determinaron cuáles eran las etapas críticas y las etapas críticas de control, en la identificación de éstas se tuvieron en cuenta factores como: las buenas prácticas de manufactura, buenas prácticas de higienización, los programas de capacitación de personal y el programa de mantenimiento, entre otras; al identificar dichas etapas críticas se puede obtener una información confiable, repetible y robusta.

2.1.1 Recepción y almacenamiento de la materia prima. La fabricación de las galletas moldeadas inicia con la recepción de la materia prima. En esta etapa no se realizan controles en cuanto a la calidad de la materia prima. Mucha de la materia prima que se recibe puede durar un tiempo considerable en los “racks” de almacenamiento por lo que el efecto de la calidad de las materias primas se puede ver reflejado en el producto terminado; las condiciones de humedad relativa con las que llega la harina o la humedad en el área de almacenamiento podrían afectar el proceso productivo, teniendo en cuenta las condiciones con las que viaja la harina es muy factible que adquiera humedad, a la que se cree que realmente contiene. Actualmente Soluciones Omega solamente realiza controles periódicos a las

materias primas para corroborar la calidad y que cada una de éstas de total cumplimiento de la norma, ya que por ser materia prima para elaborar productos de consumo masivo deben cumplir con ciertos ítems como ser de grado alimenticio. La omisión de estas pruebas y controles puede generar consecuencias legales, sin mencionar las pequeñas variaciones en las características del producto terminado. La calidad del producto terminado inicia con la calidad de las materias primas, la consecuencia de no tener controles rigurosos de calidad en la recepción y almacenamiento de las materias primas radica en los pequeños cambios que pueden sufrir las materias primas en estas etapas, repercutiendo en las etapas posteriores del proceso.

2.1.2 Premezcla. Esta es la primera etapa después de la recepción y almacenamiento de la materia prima. Un operario está encargado de realizar las premezclas mediante el uso de una balanza para medir las cantidades necesarias de cada materia prima. La preparación de la premezcla es una etapa muy sencilla que consiste en la medición de los ingredientes sólidos de menor cuantía. Según la formulación para cada línea de producción de Soluciones Omega, las premezclas se fabrican en el turno de la mañana por un operario que se encarga de preparar todas las premezclas de las 24 horas según el programa de producción. Por cada bache de producción se requiere una premezcla, luego se almacenan y se transportan del área de premezclado al área de mezclas para proceder con la elaboración de la mezcla. Las premezclas están compuestas por azúcar, almidón de yuca, hidróxido de magnesio y bicarbonato de sodio. La preparación de la premezcla se hace mediante una pala de acero inoxidable.

Los bidones de almacenamiento de polietileno que se observan en la siguiente imagen, son bidones que se usan para almacenar la materia prima en el área de premezclas. Corren el riesgo de contaminación cruzada, que se da cuando una materia prima se contamina con otra; ya que, al realizar el pesaje de éstas, quedan trazas en la pala y en la medición de otra materia prima, el bidón se contamina por las trazas existentes en la pala.

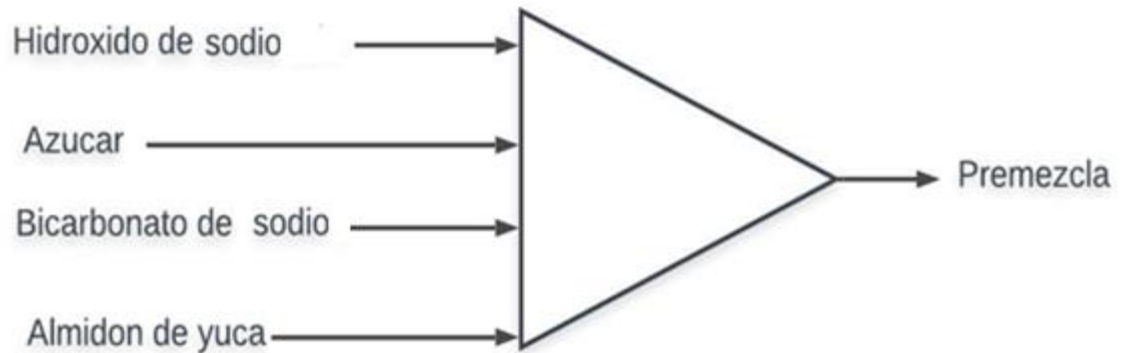
Figura 7. Bidón de polietileno



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

No existe un monitoreo de variables ambientales que aseguren que las materias primas no adquieran humedad, durante la elaboración de las premezclas que se puede observar en el diagrama 3.

Diagrama 3. Elaboración de la premezcla



Fuente: elaboración propia

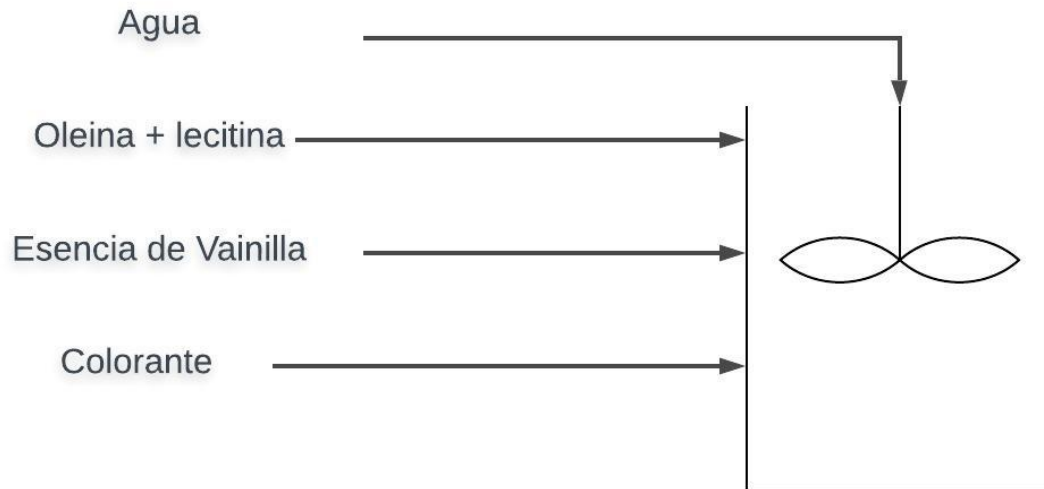
El control de las variables ambientales en el área de almacenamiento de las materias primas y elaboración de la premezcla radica en las propiedades higroscópicas de algunas materias primas, es decir algunas de [estas tiene la capacidad de ganar o perder humedad fácilmente como la harina de trigo, el hidróxido de sodio y el bicarbonato de sodio quienes se ven afectados por la humedad o por vapores de otras sustancias ¹⁵

2.1.3 Mezcla. Esta es la siguiente etapa después de la fabricación de la premezcla en donde se procede de la siguiente manera; primero, miden el agua con un balde, con una marca que fue anteriormente calibrada. La forma del balde no es la idónea para trabajar productos alimenticios ya que tiene superficies irregulares donde se aloja la mezcla y favorece el crecimiento de la flora microbiana aumentando el riesgo de contaminar la mezcla que se está elaborando. El volumen que se agregaba por medio de baldes tenía una desviación del 16 %, es decir, que si la formulación indica que son 70000 g de agua realmente se pueden estar agregando 58800 g o 81500 g de agua, una desviación de la magnitud de 12200 gramos de agua, variación realmente grande considerando que 1000 g de agua cambian significativamente la viscosidad de la mezcla. Después se procede a añadir los líquidos de menor cuantía, como la esencia de vainilla, la mezcla de oleína lecitina, con alrededor de

¹⁵ RUBIRA MARTÍNEZ, JUANA. Efecto de la humedad relativa y del almacenamiento en los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de un producto extruido de harina de maíz y chontaduro (*Bactris gasipaes* HBK). 2018. Tesis Doctoral.

1,88% con relación a la masa total de la formulación. Si la formulación lo requiere colorante C11, este proceso se puede observar en el siguiente diagrama.

Diagrama 4. Adición de líquidos



Fuente: elaboración propia

A continuación, se añade la premezcla que se ha elaborado anteriormente. La falta de concentración y de un procedimiento donde sea claro para el operario cuál es el orden correcto para la adición de las materias primas al momento de elaborar la mezcla, causa que en ocasiones el operario no recuerde si añadió la premezcla o que el operario añada premezcla de más y en cualquiera de los casos, generará repercusión en las etapas posteriores del proceso.

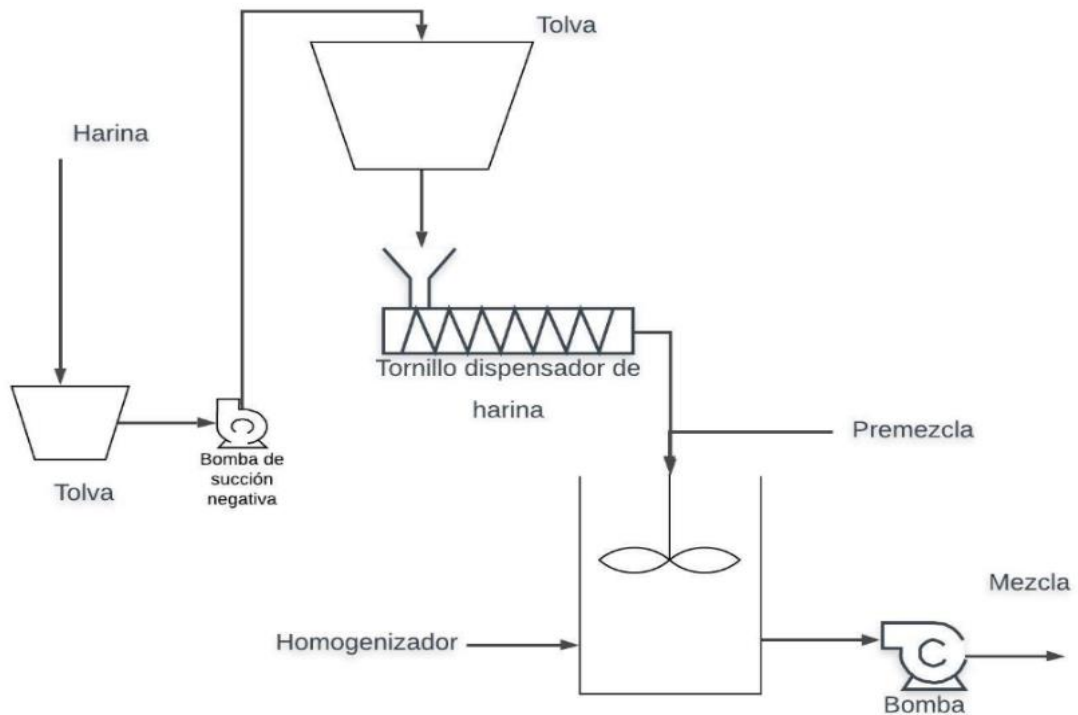
La falta de la premezcla le quita propiedades a la mezcla debido a que cada una de las materias primas cumple una o más funciones. Estas características pueden ser evidenciadas en el literal donde se enuncian las materias primas. Debido a que la producción de conos moldeados es un proceso relativamente rápido con altos niveles de producción, la calidad del producto y la estabilidad de los procesos se ven directamente ligados a factores como:

- La calidad de la mezcla
- Experticia de los operadores
- Las características de la materia prima ¹⁶

¹⁶ ARBOLEDA ZUÑIGA, J. y RUBIANO del CHIARO, F. M. (2017). Modelo propuesto para la implementación de la metodología smed en una empresa de alimentos de Santiago de Cali. Revista De Investigación, 10(2), 103-117. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6540>

Después de añadir el agua, la premezcla y los líquidos de menor cuantía, se procede con la adición de la harina. Al mismo tiempo se pone en marcha el homogeneizador para que a medida que la harina va cayendo mediante el tornillo sin fin, no se formen grumos al entrar en contacto con los líquidos, como se puede ver en los diagramas de flujo de los procesos de elaboración de conos moldeados.

Diagrama 5. Elaboración de la mezcla



Fuente: elaboración propia

Cuando la harina ha sido dosificada completamente se procede con la homogeneización de la mezcla durante un tiempo de 5 – 6 minutos hasta que la mezcla se homogeneice correctamente y de esta manera se evite la formación de grumos que podrían presentar implicaciones en etapas posteriores. Esta etapa representa una etapa crítica del proceso ya que de esta depende la correcta elaboración de la mezcla con respecto a la formulación.

Además de asegurar que la mezcla se encuentra libre de contaminantes biológicos, químicos y físicos, en el área donde se realiza la mezcla falta un control de plagas de insectos voladores; falta controles en el volumen de agua utilizado para la fabricación de cada lote; hace falta una manera de corroborar que la premezcla ya se añadió; el aseo del área de mezclas tiene varias falencias, una de ellas es que el homogeneizador donde se realiza la mezcla no tiene un periodo definido para su aseo por lo que la limpieza del homogeneizador está sujeto a las decisiones del operador. Es importante resaltar que el área de mezclas no está conectada con el

sistema CIP por lo que la tubería entre el homogeneizador, la bomba de transporte y a su vez la tubería entre la bomba y los tanques de almacenamiento se encuentran aislados del sistema de limpieza, por lo que el aseo de esta sección, se debe hacer manual.

El aseo de la tubería resulta extremadamente complicado de manera manual, por las curvaturas y la longitud de ésta; lo que significa para el operario parar la producción para desarmar la línea, realizar el lavado, desinfección y luego conectarla, para continuar con la producción. Realizar el aseo de una bomba fija, solo con una manguera y una esponja es ineficiente; es evidente la falta de controles e inspecciones en cuanto a la calidad del aseo en el área de mezclas, ya que al realizar una inspección profunda se encontró que los implementos que usan para la limpieza de las superficies tenía un olor fétido desagradable; lo que indica que no hay un seguimiento del programa que deben realizar los operarios.

El aseo del personal es otro factor a tener en cuenta debido a que no tienen un filtro sanitario cerca que permita realizar lavado de manos a lo largo del turno. Esto puede aportar significativamente en la carga microbiana de la mezcla y así acelerar su fermentación, durante el turno y según el programa de producción hay momentos en los que se pueden encontrar dos operarios desarrollando las actividades concernientes al área de mezclas. Los operarios del área de mezcla no están obligados a usar tapabocas, representando un riesgo potencial al trabajar en contacto directo con la mezcla y con las superficies que tienen contacto con ésta.

El homogeneizador está conectado a una bomba mediante tuberías de acero inoxidable. Esta bomba conecta con los tanques de almacenamiento de todas las líneas de producción de conos. Actualmente en Soluciones Omega hay 2 líneas más que producen galletas enrolladas de distintas formulaciones a la de los conos moldeados. Durante el transporte de la mezcla de los conos moldeados hay trazas de mezclas de otros productos, debido a que la tubería que conecta el homogeneizador con la bomba y los tanques de almacenamiento de mezcla es la misma para todas las líneas. Dichas trazas de otras mezclas repercuten en la calidad de la mezcla tanto en su composición como en su tiempo de vida útil ya que el tiempo y las condiciones que han transcurrido desde que esas trazas llegaron a donde se encuentran alojadas favorecen la fermentación.

Por esto es importante controlar ciertos factores en el área de mezclas como la calidad del agua con la que se elaboran las mezclas ya que no se le hace ningún acondicionamiento antes de usarla, parámetros de calidad como características físicas, químicas, biológicas, organolépticas y microbiológicas, según la resolución del 2115 del 2007 que determina cuáles son las cualidades que debe tener el agua para que sea apta para consumo humano, sin mencionar la importancia de la calidad de las materias primas.

La medición del agua por baldes es un sistema artesanal con un alto porcentaje de variación, por eso es necesario realizar un control de la cantidad de agua que se está suministrando realmente. Las buenas prácticas de sanitización es uno de los puntos más críticos del proceso de mezclas que si no se realiza adecuadamente el aseo de las superficies y equipos, se estaría contaminando la mezcla en la etapa inicial del proceso acelerando la fermentación y quitándole tiempo de vida útil a la toda la línea. El aseo de la bomba que comunica el homogeneizador con el área de almacenamiento ya que como se mencionó anteriormente no existe una conexión física entre el área donde se prepara la mezcla y el sistema CIP, cuando se prepara la mezcla se procede a realizar una medición de la viscosidad por medio de una copa para viscosidad que se puede observar en la siguiente figura:

Figura 8. Cucharón para determinar la viscosidad



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

El método actual para medir la viscosidad no es un método correcto; ya que no se tienen en cuenta diversos factores como los que se mencionan a continuación, la copa de viscosidad es un instrumento de determinación rápida de la viscosidad con ventajas claras, la portabilidad y capacidad de hacer mediciones en campo. El tipo de fluidos para el cual fue diseñado esta copa es para fluidos de baja densidad como aceites y no para sustancias altamente viscosas como la mezclas de harina y agua, debido a que el comportamiento reológico de este tipo de mezclas es pseudoplástico, lo que significa que su viscosidad disminuye a medida que el esfuerzo sobre la mezcla aumenta, es decir que la viscosidad que se toma al momento de preparar la mezcla no es la viscosidad real ya que la mezcla le toma ciertos minutos volver a su viscosidad real mediante la relajación de esfuerzos.

2.1.4 Almacenamiento. Después de preparar la mezcla, ésta es conducida mediante una bomba hacia los tanques de almacenamiento que se pueden observar en la siguiente imagen con el fin de reducir los tiempos muertos por el transporte de mezcla y así poder usar el homogeneizador para preparar mezcla nuevamente en el menor tiempo posible. El tiempo de retención de la mezcla, es decir el tiempo que

le toma a la mezcla en llegar hasta el pulmón y vaciar el tanque de almacenamiento. más otros factores como el aseo de los tanques y las tuberías junto con variables como la temperatura y humedad del área de mezclas generan como consecuencia una etapa de alto riesgo en temas de inocuidad alimentaria ya que si el horno de cocción tiene un paro, la mezcla se retendrá en los tanques todo el tiempo que dure el paro, corriendo el riesgo de fermentarse, en estos casos es evidente la falta de controles que permitan determinar el estado real en el que se encuentra la mezcla y de esta manera realizar un análisis de los tiempo de producción y elaboración de mezclas para evitar producir más mezcla de la que se puede procesar actualmente. En la etapa de almacenamiento es evidente la falta de planes de acción cuando se presentan inconvenientes en la línea, así como los controles ambientales. Cuando en los tanques de almacenamiento hay una cantidad considerable de mezcla, ésta sufre algunos cambios considerables como la viscosidad, formación de costras en el tanque de almacenamiento que favorecen el crecimiento de la flora microbiana además de la falta de un sistema de agitación para evitar los cambios naturales en la viscosidad debido al tiempo de retención de la mezcla en el tanque de almacenamiento.

Figura 9. Área de almacenamiento de mezcla



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

2.1.5 Transporte. El transporte de la mezcla desde los tanques de almacenamiento hasta el pulmón del horno es una etapa semicontinua debido a la naturaleza de alimentación del horno de cocción, una etapa en la que hay que controlar la calidad de la mezcla que llega al pulmón ya que desde que se elaboró la mezcla hasta que pasa por el horno puede pasar un tiempo de consideración en el cual las características de la mezcla como pH, viscosidad han cambiado significativamente. En términos de inocuidad es imposible la admisión de cualquier condición que ponga en riesgo la asepsia de la mezcla, el calibre de la tubería no ayuda mucho ya que le ofrece a la mezcla una resistencia a fluir considerable; por esto y por la temperatura ambiente de la planta generan como consecuencia el aumento de la temperatura en la mezcla antes de que ésta llegue al pulmón, acelerando el proceso fermentativo sin mencionar la formación de costras que se dan en la tubería, En la siguiente imagen se puede ver el tablero con la conexión para el pulmón y para el sistema de limpieza del CIP. Esta etapa presenta problemas como la falta de control de variables que permitirían determinar el tiempo de vida de la tubería, la temperatura ambiente es de un orden de 37 a 42 °C para algunas áreas, el aseo de la tubería y el largo recorrido que tiene que realizar la tubería en especial la tubería de la MTA 1 por estar más alejada del área de fabricación de la mezcla con respecto a la MTA 2.

Figura 10.Tuberia de transporte de mezcla



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

2.1.6 Cocción Es la etapa más crítica del proceso ya que es aquí donde la galleta se forma mediante la evaporación de agua, la transferencia de calor y el moldeo. Debido a que se está manufacturando un producto de consumo masivo, es importante garantizar que éste cumpla con las características de calidad previstas por el cliente; tanto físicas, como químicas, biológicas y sensoriales. En esta etapa del proceso es de vital importancia la calibración constante de la velocidad y la temperatura con la que está trabajando la máquina, ya que estas variables en conjunto con la calidad de la mezcla determinaran la calidad del producto terminado. Características como la resistencia del cono, resistencia en la parte superior donde posteriormente se agregará el helado para que éste no se rompa al momento de preparar el cono con helado, las dimensiones deben ser las correctas. El proceso inicia con la cocción de la mezcla en el horno, la mezcla llega mediante una tubería hacia el pulmón, éste se puede observar en la siguiente imagen. Es un volumen de control que se encarga de realizar varias funciones, como asegurar alimentación constante de mezcla al horno y garantizar el nivel mediante el control de una válvula que se encuentra en el tablero, ya que la cantidad de mezcla dentro del pulmón se traduce en la resistencia que se ejerce a las bombas que alimenta a las flautas de alimentación.

Figura 11. Pulmón o volumen de control



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

Hasta este momento los procesos difieren muy poco entre sí, es decir difieren en su formulación y por lo tanto en muchas de sus características físicas químicas y reológicas, pero en los procesos como tal se diferencian en la longitud de la tubería de una con respecto a la otra hasta ahora, la precisión de las bombas que se utilizan actualmente para alimentar a las flautas dispensadoras de los hornos de cocción MTA I y II son diferentes, resulta ser que una es una bomba mecánica y la otra es una bomba hidráulica. La bomba mecánica es la bomba más precisa de las dos ya que presenta menor variación entre la cantidad de mezcla que suministra a la flauta una y otra vez. La bomba hidráulica, que es la bomba de la MTA II, presenta variación entre una dosificación y otra; estas variaciones repercuten en características físicas muy específicas como el peso de la galleta el cual está en un promedio de 4 gramos o el porcentaje de humedad de la galleta el cual está en un rango de 3 a 4 %de humedad, sin mencionar el grado de cocción de la galleta. Después de la bomba, la mezcla llega a la flauta dispensadora que se ve en la siguiente figura.

Figura 12. Flauta dispensadora y molde macho



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

La flauta dispensadora alimenta los moldes del horno de cocción para que posteriormente estos realicen el correspondiente ciclo de cocción, los moldes hembra que son los que reciben la mezcla de la flauta dispensadora, son moldes que están divididos en dos y soportados sobre un riel de acero como se muestra a continuación.

Figura 13. Tren de soporte de moldes



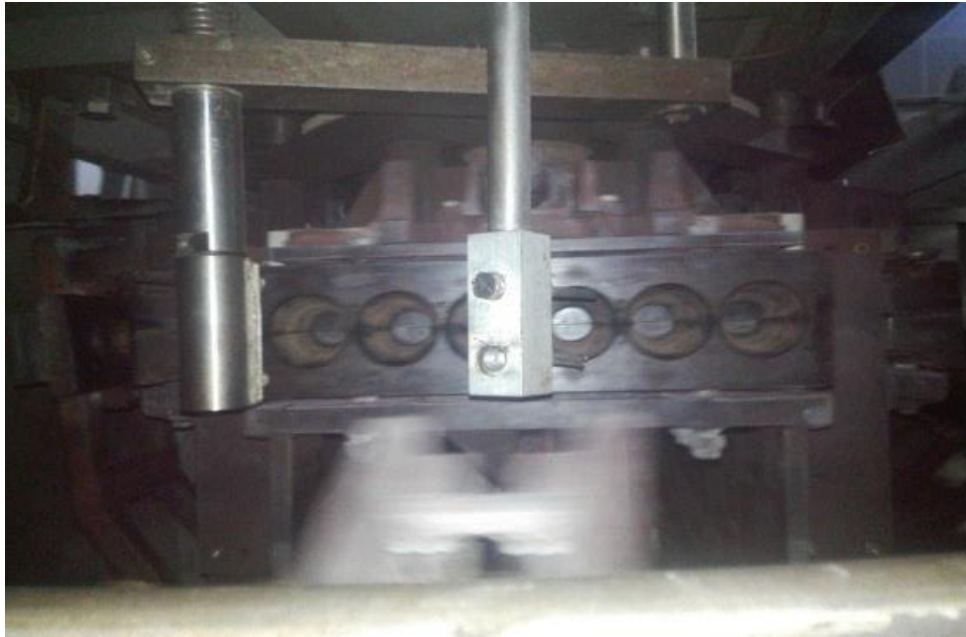
Fuente: SOLUCIONES OMEGA

Los rieles se encargan de soportar los moldes hembra, tanto en el recorrido de cocción como la presión que ejerce el molde macho para darle la forma de vaso al cono moldeado, esto lo logra bajando y subiendo una y otra vez para después quedar estático durante el resto del recorrido. Después de llegar al extremo del horno se devuelve por la parte inferior como se puede observar en la figura 13, llegan a un raspador que se encarga de retirar el chicharrón proveniente del molde hembra y el molde macho que recién se han separado como se observa en siguiente figura.

Después de separar el chicharon de los moldes hembra y macho se abre el molde hembra donde se contiene la galleta formada, ésta es retirada del horno de cocción mediante unos separadores que dirigen la galleta hacia la línea de empaque, ahí se reduce su temperatura significativamente antes de ser empacada, ya que si se

realiza el empaque en caliente la galleta podría deformarse al momento de almacenarse.

Figura 14. Rascador superior e inferior



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

La etapa de cocción presenta varios problemas; como la falta de control y monitoreo de la temperatura durante el proceso de cocción, la variación del peso, los defectos de la galleta como galleta quemada, galleta cruda, galleta partida o defectos particulares que se enunciarán más adelante. La variación en los volúmenes de los pulmones o volúmenes de control, se relacionan con el nivel de experticia del operador y afecta en gran medida el funcionamiento y la exactitud con la que están trabajando las bombas, particularmente en la línea de la MTA I.

El revestimiento de las paredes del horno ya cumplió su ciclo de vida lo cual se ve reflejado en las altas temperaturas que arrojó el estudio de las condiciones ambientales en las áreas de producción, estas condiciones favorecen el crecimiento de la flora microbiana. La MTA I cuenta con un sistema mecánico de alimentación de mezcla, la bomba tiene un retorno del cual sale mezcla esporádicamente, como una purga al sistema, actualmente dicho retorno está conectado a la alimentación del pulmón y la mezcla que retorna al pulmón es una mezcla que ha pasado un tiempo considerable en la bomba y su temperatura está por encima de los 43°C debido a la cercanía de la bomba con el horno, la mezcla que se retorna esporádicamente hacia el pulmón es una mezcla fermentada, de olor fétido, con una sensación espumosa y representa un riesgo para la inocuidad del proceso, lo que significa que se estaba haciendo una alimentación de un cultivo microbiano hacia la

mezcla y poniendo en riesgo la inocuidad de las galletas debido a las toxinas presentes en la ésta, todo esto como consecuencia de la fermentación.

La calibración de la máquina actualmente se hace a voluntad del operador, lo que significa que la experticia es un papel muy importante a la hora de controlar el proceso la falta de un procedimiento es evidente y generan como consecuencia chicharrones del orden de 0.5 a casi 2 gramos, son pequeñas cantidades de mezcla pero si se considera que por cada galleta salen mínimo dos chicharrones hasta 4 y por cada molde se pueden elaborar 5 galletas se convierte en una pérdida significativa de mezcla, la calibración de la cantidad de masa que se pierde en el chicharrón está relacionado directamente con la formulación y con la calibración entre la viscosidad de la mezcla y la cantidad que se dosifica hacia los moldes, claro teniendo en cuenta factores como la cantidad de mezcla necesaria para darle a la galleta su forma completa y en consecuencia, la existencia del chicharrón en la elaboración de galletas moldeadas, hace parte de la naturaleza del proceso, mientras más se logre mitigar su generación, es más la mezcla que se convertirá en galletas.

La experticia del personal es fundamental para el correcto funcionamiento del proceso ya que el conocimiento adquirido durante años les permite identificar las necesidades básicas para que el todo funcione correctamente. la falta de monitoreo en las características del producto terminado es evidente y como consecuencia se presentan los problemas actuales, como, reclamos de calidad por los clientes o devoluciones de algunos lotes producidos. Los controles de proceso que se le realizan a la galleta actualmente, son pruebas de resistencia aleatorias, y se realizan mediante el peso que pueden soportar las galletas en el sentido que al que son sometidos es decir los esfuerzos mecánicos para los cuales fueron diseñados. Se realizan pruebas organolépticas, pruebas físicas; como las dimensiones, el color y el peso. Estas pruebas son pruebas muy básicas y no son muy disientes acerca de la composición de la galleta ni las proporciones de las materias primas, además de presentar una inexactitud natural por la forma como se realiza la medida. Puede que sea un valor de comparación con respecto a una calibración anterior que permita determinar si el producto cumple o no, pero para el área de investigación y desarrollo es muy difícil trabajar con este tipo de pruebas tan artesanales por la desviación natural que presentan en los resultados y la falta de robustez del método.

A menudo, muchos de los errores de etapas anteriores se ven reflejado en esta etapa, cuando realmente es muy difícil hacer algo al respecto. Dependiendo del tipo de problema que se presente se pueden realizar acciones correctivas con el fin de minimizar el rechazo de mezcla.

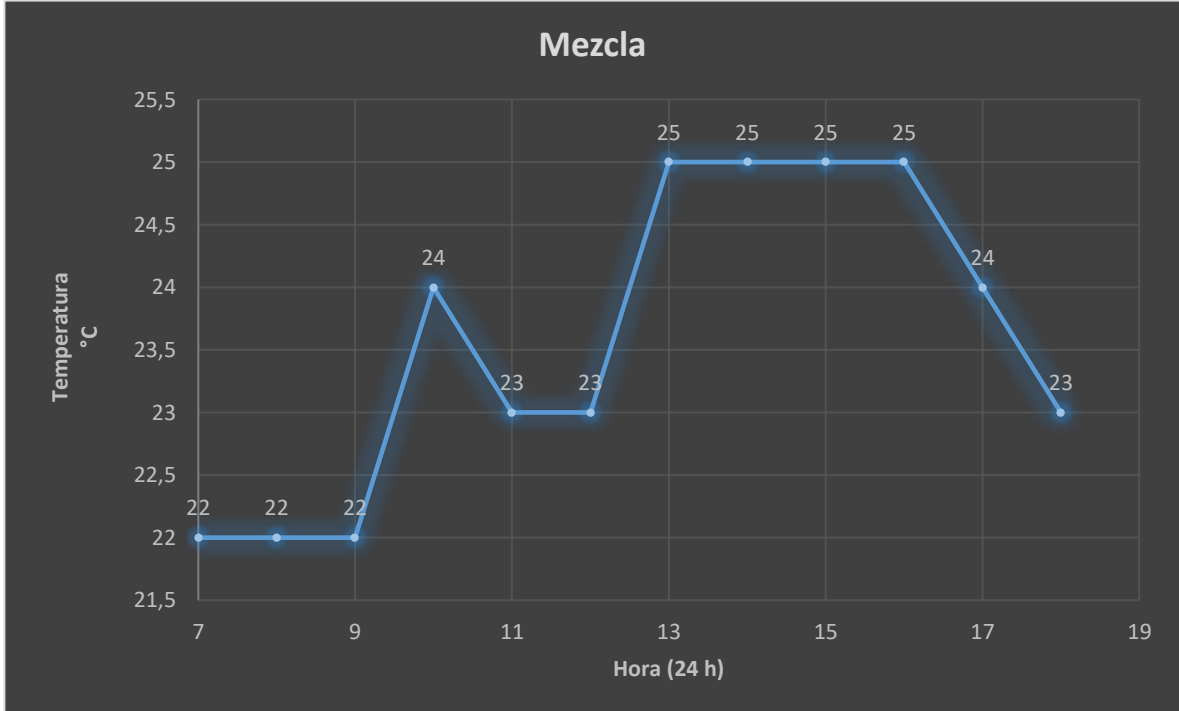
2.1.7 Descripción de las condiciones ambientales. Al día de hoy, en la planta de soluciones omega no se conoce acerca del efecto que tienen las condiciones del ambiente sobre el proceso y mucho menos se lleva un registro de ello. Durante la etapa de diagnóstico del proceso se realizó un monitoreo acerca de las condiciones ambientales de la planta en las diferentes áreas donde se llevaban a cabo actividades productivas relacionadas con el proceso de elaboración de galletas moldeadas para helado.

Es esta etapa del proceso de investigación es muy evidente la falta de un sistema HACCP donde se tenga claro cuáles son las etapas más críticas para la fermentación, para la variación de la mezcla. Falta identificar las variables que se pueden controlar. El mayor control de la calidad e inocuidad del proceso se está dando al final de la línea, es decir sobre el producto terminado. El problema radica en que cuando identifica un problema en esta etapa, resulta imposible corregirlo afectando la producción y generando tiempos perdidos en la línea.

2.1.8 Recepción y almacenamiento. La calidad de las materias primas inicia desde el momento que se hace la recepción, aunque son inexistentes actualmente, se puede asegurar mediante algunas pautas el correcto almacenamiento de éstas para que la calidad de la materia prima no se vea degradada por permanecer expuesta a almacenamiento bajo condiciones inadecuadas. Con respecto al proceso fermentativo se pudo determinar que la etapa de recepción y almacenamiento no representa un gran riesgo en cuanto a la temperatura y la humedad, ya que es un lugar fresco donde la temperatura difícilmente sube de los 25 °C y a esa temperatura la fermentación no es tan rápida por lo que la actividad microbiana no se ve afectada en gran manera a comparación de otras etapas. De igual manera se pudo corroborar que el rango de tiempo en donde se presentan las temperaturas más altas durante el día, fueron de 10:30 am hasta 3 pm. Según el comportamiento que se expone en el análisis fermentativo, esta etapa no representa ningún riesgo en cuanto las variaciones de temperatura en la preparación de la mezcla, mientras que la humedad del ambiente si representa un riesgo para la calidad de la harina ya que este material pulverulento adquiere humedad con bastante facilidad.

2.1.9 Premezcla y mezcla. El área de premezcla se mantiene a condiciones ambientales que no representan ningún peligro para la calidad de las materias primas además que las cantidades de materia prima que se encuentran presentes en esta etapa, a lo largo del día, son mínimas comparadas con otras etapas y de una manera muy similar se comporta el área de mezcla, como se puede observar en el gráfico, a lo largo de 11 horas de un turno de trabajo la temperatura solo alcanza hasta 25 °C que no debería acelerar el proceso fermentativo ni tener afectaciones sobre la calidad de la mezcla.

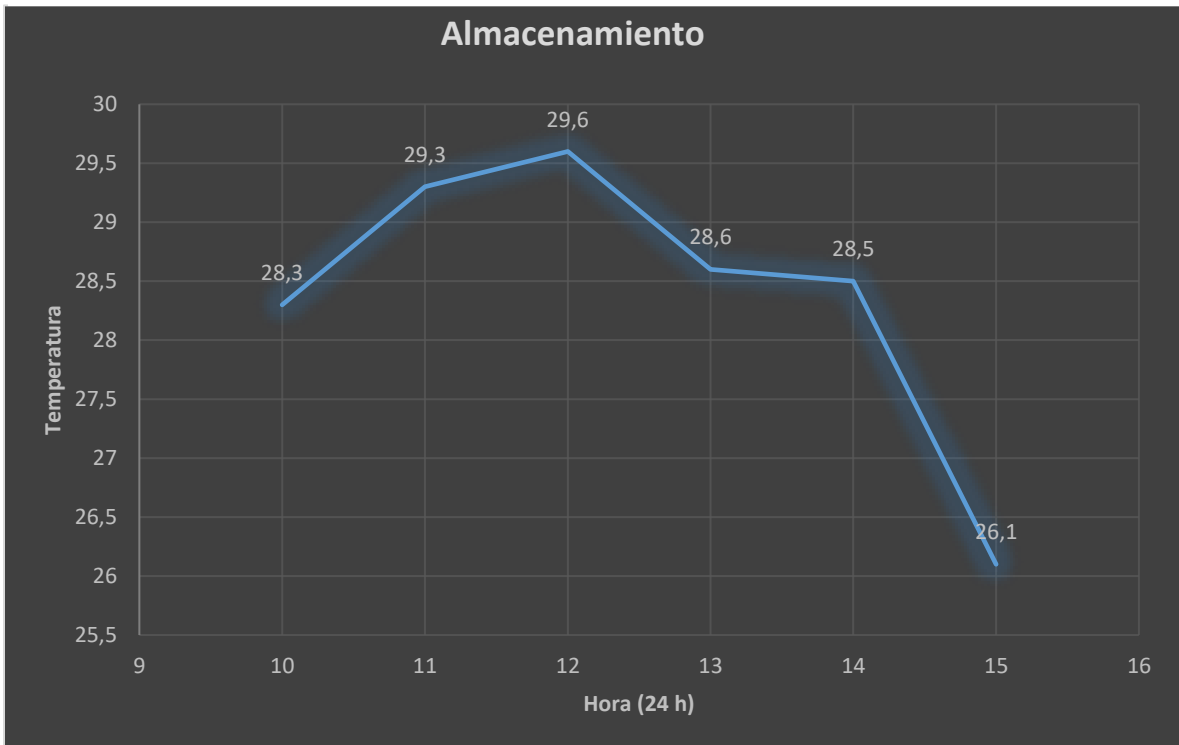
Grafica 1. Ambiente área de mezcla



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

2.1.10 Almacenamiento. El almacenamiento de mezcla es una etapa que demanda mucho control ya que maneja un gran volumen de mezclas no solo de la línea MTA si de toda la producción de soluciones omega. Como se puede ver en la gráfica del comportamiento de la temperatura con respecto al tiempo en el área de almacenamiento de mezcla, la temperatura alcanza valores más elevados que en el área de mezcla, premezcla y el área de almacenamiento de materia prima, lo que genera la hipótesis del inicio de la activación del proceso fermentativo, hipótesis que se desarrollara en el análisis del proceso fermentativo. En un periodo de 10 de la mañana hasta las 3 de la tarde hay una temperatura de 29.6 °c casi 5 grados por encima de las otras etapas. La temperatura de esta etapa favorece el aumento de actividad de los termófilos.

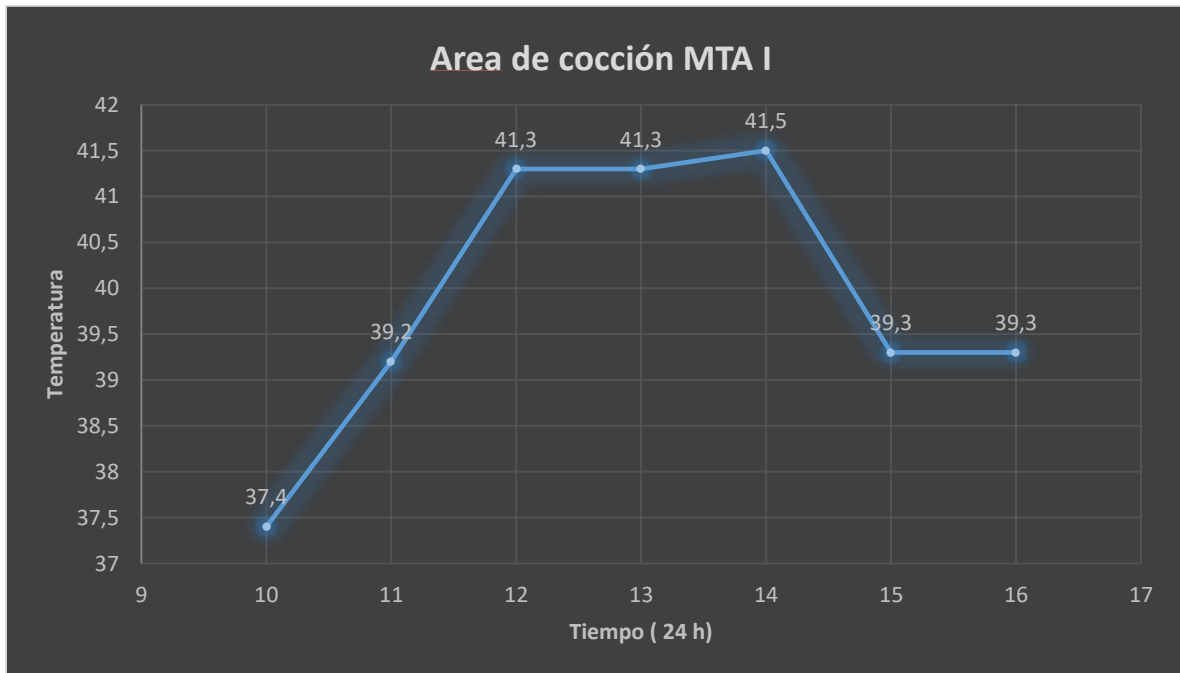
Grafica 2. Ambiente área de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

2.1.11 Área de cocción. En el análisis del área de cocción no se dividieron las líneas, ya que básicamente las áreas de producción son las mismas. Se tomó la decisión de analizar el área que tuviera un contacto muy cercano al flujo de la mezcla y que tuviera la temperatura más alta; dicha sección fue el área del pulmón de la línea MTA I, donde se registró la temperatura mayor. Las condiciones que se exponen a continuación son las condiciones a la que está sometido el pulmón desde las 10 de la mañana. Se inició el registro de la temperatura con 37,4 ° C, una temperatura muy alta para la hora de la mañana cuando por la experiencia de las etapas anteriores del proceso las temperaturas más altas siempre se registran entre las 11 de la mañana y las 3 de la tarde, a las 2 de la tarde se registró el pico de temperatura más alta de 41,5°C, mientras que en la memoria del higrómetro se registró una temperatura máxima de 43 °C, temperatura perfecta para que se dé la fermentación de la mezcla. La falta de agitación en los pulmones o volúmenes de control más las altas temperaturas a las que están sometidos a lo largo del turno sin mencionar la falta de estandarización del plan de sanitización de la planta son factores a tener en cuenta al momento de evaluar la fermentación.

Grafica 3. Ambiente área de cocción MTA I



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

2.1.12 Identificación de las materias primas. En esta etapa se evaluaron las materias primas involucradas en la elaboración de conos moldeados.

Agua: representa la mayoría de la composición con respecto a los otros elementos usados en la elaboración de conos moldeados. Aunque en el momento de la cocción, la galleta quede con una humedad inferior al 5% además de estar vinculada de manera directa en el proceso productivo, el agua cumple con muchas funciones más; como la formación de la mezcla o masa al hidratar y solubilizar los ingredientes y de esta manera dar paso a la formación del gluten. La cantidad de agua utilizada, es decir la cantidad de ésta en la formulación dictamina el comportamiento reológico de la mezcla; debido a la afectación de la red del gluten y las interacciones que pudiese haber entre los demás ingredientes. La mayoría del agua usada en la elaboración de la mezcla se evapora en la fase del horneado. Debido a la cantidad de ingredientes usados en la mezcla es difícil determinar la cantidad exacta a usar mediante un método riguroso, lo que sí se puede realizar es una calibración para determinar cuál es la consistencia o viscosidad con la que la maquina procesa correctamente la mezcla, no solo su proporción o en la fase de horneado el agua es importante, también en el desarrollo de la actividad microbiana juega un papel fundamental debido a la cantidad de agua disponible para los microorganismos.¹⁷ Además de la formulación, el agua es vital para llevar a cabo todo el proceso ya que

¹⁷ CABEZA, RODRIGUEZ SARA,(2009), *Funcionalidad de las Materias primas en la elaboración de galletas.Op*

también es usada para el sistema CIP que garantiza la limpieza de los equipos involucrados en el proceso.

Almidón de yuca: un polímero natural, un polisacárido que se encuentra en abundantes alimentos, normalmente abundante en las plantas. Lo que hace realmente especial a la yuca es su alto porcentaje de almidón siendo el segundo cultivo más importante en la producción de almidón después del maíz ¹⁸el almidón está compuesto por la amilosa y amilopectina, en términos nutricionales aporta entre el 70 y 80 % de las calorías consumidas en la dieta humana, la adición de los almidones en los alimentos es por sus propiedades estabilizantes y espesantes para la mezcla.

Azúcar: se agrega azúcar a la mezcla por el efecto que tiene en el sabor, el perfil de textura, el color, dureza y demás de propiedades mecánicas que también se ven modificadas. La reducción de la viscosidad y el tiempo de relajación de la mezcla son grandes ventajas como consecuencia de añadir azúcar en la formulación, como resultado transportar la mezcla se hace más fácil, además de la modificación de la dureza de la galleta dándole ese toque crocante. El color se obtiene gracias a las reacciones de Maillard que se produce en presencia de aminoácidos, péptidos y proteínas. Estas reacciones son las encargadas de brindar el color caramelo final a la galleta, El azúcar afecta de manera directa la sensación del producto final en el sabor, el color, las dimensiones, además que en grandes proporciones en las formulaciones el azúcar compite por el agua con la harina debido a las interacciones entre el azúcar y el agua inhibiendo la formación del gluten e influyendo en el proceso de cocción, expansión de la masa y en el carácter crujiente del cono moldeado¹⁹.

Bicarbonato de sodio: Los bicarbonatos son agentes gasificantes por naturaleza además de funcionar como elemento que aumenta considerablemente la alcalinidad de la mezcla, la función principal es la de realizar el aumento del volumen de la copa bajo ciertas condiciones de humedad el bicarbonato reacciona espontáneamente con agua produciendo anhídrido carbónico formando una sal sódica más agua, cuando la mezcla para conos moldeados se calienta y se libera dióxido de carbono funcionando como agente leudante y regulador del pH gracias a sus propiedades alcalinas.

Esencia de vainilla: Es la encargada de darle el sabor y el olor característico al producto se utiliza en bajas proporciones en las formulaciones, es un producto

¹⁸ ARISTIZÁBAL, J., SÁNCHEZ, T., & LORÍO, D. M. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma.

¹⁹ CANDELA, MARÍA DE LOS DESAMPARADOS EMBUENA. (2015). *Evaluación De Los Cambios Estructurales De Galletas Elaboradas Con Sustitutos De Grasa*,

común en la industria de alimentos que no representa un peligro para el consumo humano.

Harina de trigo: Es el segundo elemento más abundante en la formulación de los conos moldeados, las harinas se pueden clasificar según sus propiedades, las harinas blandas son las más comúnmente usadas en las formulaciones de galletas, la característica principal que difiere entre una harina blanda dura, blanda o intermedia es la cantidad de carga proteica que contiene, la interacción entre la harina de trigo y el agua dan paso a la formación de la masa poco a poco a medida que se van hidratando las proteínas que dan paso a la formación del gluten, una red tridimensional con características visco elásticas, a medida que se forma la red de gluten por la hidratación de algunas proteínas el almidón queda atrapado dentro de la estructura formada por el gluten, la elección de la dureza en la harina repercute tanto en la estructura como en las características de almacenamiento y cocción. Un gran ejemplo de esto es el problema que se presenta actualmente, la empresa trabaja un tipo de harina con una carga proteica alta, por lo que al momento de almacenar la galleta, se deforma después de un tiempo trascurrido esto pasa debido a que la harina es muy dura, la única manera de asegurar que la harina es la adecuada para el procesamiento de la galleta es realizando controles de calidad, controles de propiedades como la tenacidad, extensibilidad, fuerza, la relación entre la tenacidad, porcentaje de degradación y extensibilidad (equilibrio); en conjunto la suma de estas propiedades determina cual es el uso más adecuado para la harina. Mediante el uso de un alveógrafo se puede determinar las propiedades de la harina para así clasificarla, en la siguiente tabla 1 se muestran los valores característicos de estas propiedades para la harina destinada a la industria de la galletería. Estos son los valores que más se recomiendan para procesar la harina de manera correcta²⁰, elaborando una comparación entre los rangos permisibles de Soluciones Omega, es evidente que la atención que se dedica a esta parte es mínima, ya que solo se busca cumplir con la norma, cuando esta serie de propiedades permite optimizar la calidad del producto que se está manufacturando, a continuación se muestra los valores que usa la empresa actualmente para determinar si se acepta o no el uso de esta materia prima

Tabla 2. Criterios de aceptación de harina

Tenacidad	P	30/50
Extensibilidad	L	80/120
Fuerza	W	70/120
P/L = equilibrio	P/L	0,20/0,50

Fuente: SOLUCIONES OMEGA

²⁰ CABEZA, RODRIGUEZ SARA,(2009), *Funcionalidad de las Materias primas en la elaboración de galletas.Op*

El rango de aceptación de la empresa es muy amplio, lo que da la oportunidad a grandes variaciones del proceso con cambios de propiedades de la harina, además de ser de difícil detección al no contar con el alveógrafo para realizar el control de calidad de la harina. En la siguiente imagen se puede observar un alveógrafo

Hidróxido de sodio: El hidróxido de sodio es utilizado en la industria de alimentos como estabilizante del pH y desmoldante, es decir es el que permite separar los conos formados de los moldes después de su proceso de cocción.

Lecitina de soya: Es un producto derivado de la extracción de aceite de soya. Tiene características emulsionantes y desmoldantes que son muy valoradas en la industria de alimentos también por tener un valor nutricional alto. La función de la lecitina es actuar como agente emulsificante entre las partes altamente hidrofóbicas como la parte grasa de la mezcla y la parte acuosa de ésta; y de esta manera facilitar la homogenización y la interacción entre estos componentes inmiscibles, la parte grasa es decir la oleína. Ayudan a la extensibilidad de la mezcla lo que le permite a fluir y no convertirse en una mezcla tipo pan.

Oleína de palma: Se obtiene al fraccionar el aceite crudo de palma, de manera líquida a temperatura ambiente. Su uso en la industria de la molinería se basa en brindar la parte grasa necesaria en la formulación. Tiene una temperatura de humo alta lo que le permite trabajar a altas temperaturas sin descomponerse. También puede usarse para la sustitución de los productos lácteos en la formulación. Básicamente la función de la oleína de palma es la parte grasa de la formulación para que dé características antiglutinantes para suavizar la masa y facilitar su fluidez.

Tintura c11: Es un líquido viscoso de color café oscuro que cumple con darle una coloración caramelo al producto final, el colorante caramelo C11 es uno de los colorantes más antiguos y más comunes en la industria de alimentos

2.1.13 Identificación de las formulaciones actuales. Las formulaciones actuales fueron determinadas como parte vital del diagnóstico, con el objetivo de encontrar las posibles desviaciones que se presentan actualmente en el proceso de elaboración de mezclas los procesos de la línea I y II de las MTA difieren por sus formulaciones ya que las premezclas son diferentes. A continuación, se puede observar las formulaciones de las líneas, sus ingredientes y cantidades utilizadas, estos valores fueron utilizados para determinar el grado de desviación entre los sistemas de medida actuales y las cantidades que se supone deberían ser las cantidades correctas. En los siguientes cuadros se muestra las cantidades usadas e ingredientes correspondientes a la formulación de cada línea de producción de conos moldeados.

La formulación de la MTA II contiene 2000 gramos de agua más que los de la línea I pero la misma cantidad de harina por lo que la mezcla de la MTA I resulta naturalmente un poco más viscosa, debido al color que se desea en el producto final no basta con las reacciones que se dan naturalmente durante la cocción y es necesario realizar la adición del colorante artificial caramelo C11 como se puede observar en la siguiente tabla que contiene la formulación de la MTA II

Tabla 3. Formulación MTA II

Material	Cantidad (g)
Agua	72000
Tintura caramelo C11	25
Esencia de vainilla	100
Harina de trigo	50000
Oleína de Palma (60%)	1320
Lecitina de soya (40%)	880
Azúcar	300
Almidón de yuca	529
Hidróxido de Sodio	120
Bicarbonato de sodio	195

Fuente: SOLUCIONES OMEGA

A diferencia de la mezcla de la MTA II la mezcla de la MTA I es menos viscosa y contiene un poco más de almidón por lo que se espera que su estructura sea más compacta, no contiene colorante ya que el color que se obtiene al final de su proceso de cocción es el adecuado.

Tabla 4. Formulación MTA I

Material	Cantidad (g)
Agua	70000
Tintura caramelo C11	0
Harina de trigo	50000
Oleína de Palma (60%)	1320
Lecitina de soya (40%)	880
Esencia de vainilla	100
Azúcar	601
Almidón de yuca	650
Hidróxido de sodio	60
Bicarbonato de sodio	455

Fuente: SOLUCIONES OMEGA

2.1.14 Identificación de los defectos. La identificación de los defectos que se pudiesen presentar en las galletas se realizó con el fin de obtener una idea acerca de las cualidades que resultaban mas concluyentes para determinar la aceptación o rechazo de la galleta terminada. Actualmente se conocen cuáles son las razones para rechazar las galletas más no se hace un estricto control acerca de las cantidades que se generan a diario según el tipo de defecto. El no hacer la clasificación de los defectos dificulta realizar una trazabilidad a la galleta que se rechaza. A continuación se muestran los defectos mas comunes en las de producción de Soluciones Omega así como el ideal de como deberían ser las galletas.

Los primeros atributos que debe cumplir la galleta son los visuales, después pasa por una inspección organoléptica donde se evalúa su olor, color, sabor y textura. Los defectos más comunes o que se presentan con más frecuencia, son las galletas partidas, las galletas crúdas o las galletas quemadas. Por lo general, se apostaría que no se presentasen ese tipo de errores al tiempo, es decir las galletas quemadas y las galletas crúdas no deberían pasar en el mismo instante, pero en la realidad se presentan al tiempo y se debe a diferentes razones; algunos casos en la línea de la MTA II la variación que presenta en la dispensación de mezcla al molde por parte de la bomba, otras veces se presenta por la falta de calibración entre las variables de velocidad del tren de moldes y la temperatura a la cual se están horneando las galletas.

Figura 15. Cono copita Gustto y copita Miel



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

A continuación se muestran un par de conos donde es evidente la falta de cocción o el exceso de ésta, la variación de la alimentación de mezcla a los moles no es el único culpable de que se quemen los conos o que no se cocinen completamente, hay una serie de variables que juegan un papel de vital importancia para garantizar que el proceso tiene las mínimas mermas y desechos posibles.

Figura 16. Defectos conos moldeados



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

En la figura de la izquierda se observa un par de conos que salieron crudos después de un ciclo de cocción la temperatura o la presión o incluso el tiempo de residencia de la mezcla en el molde pudo influir; por lo contrario, en la imagen de la derecha se muestran dos conos, los cuales están “quemados” o el porcentaje de humedad es mucho menor al deseado, las razones que pueden justificar esto es que en ocasiones hay zonas con diferentes temperaturas a lo largo de la zona de cocción.

La presencia de objetos extraños es uno de los defectos que más se deben controlar porque están directamente relacionados con la inocuidad y seguridad alimentaria del producto. Para asegurar que en las líneas de producción no hay contaminación de partículas metálicas después de que se hace el mantenimiento o el aseo de los equipos, se procede a usar un imán para recoger todo ese material metálico de pequeña envergadura y como medida de prevención se desechan las dos o tres primeras tandas de cocción para asegurarse que la línea queda libre de material contaminante que pueda caer en el producto terminado. Como medida de control se hace uso de un detector de metales para garantizar que ningún producto terminado de la línea éste conminado con cualquier tipo de metal que pueda causarle una afectación al futuro consumidor. A continuación, se muestran un par de imágenes con contaminación por carbón y por partículas metálicas.

Figura 17. Carbón y partículas extrañas



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

La imagen de la izquierda es un cono que contiene un resto de partícula metálica, que seguramente proviene de un mantenimiento ya que es el momento donde se generan más partículas metálicas, éstas se desprenden de los materiales usados para realizar el aseo y mantenimiento al horno. La imagen de la derecha es una contaminación de la galleta con carbón, dicho carbón se genera a lo largo del horno por el proceso de cocción hasta que se acumula y puede caer en los moldes y por consecuencia, en las galletas.

Figura 18. Deformación del moldeado



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

La imagen anterior muestra los cambios de forma que sufren las galletas después de que se enfrían, esto pasa porque el grado de la harina, que es fuerte, hace que las interacciones iónicas sean más intensas y capaces de deformar la estructura aun después de moldeadas. Actualmente se usa una harina fuerte porque le permite a la masa crecer más en comparación con la harina débil ya que contiene más gluten, y le da una estructura mayor que almacena más aire en su interior.

Figura 19. Galleta partida



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

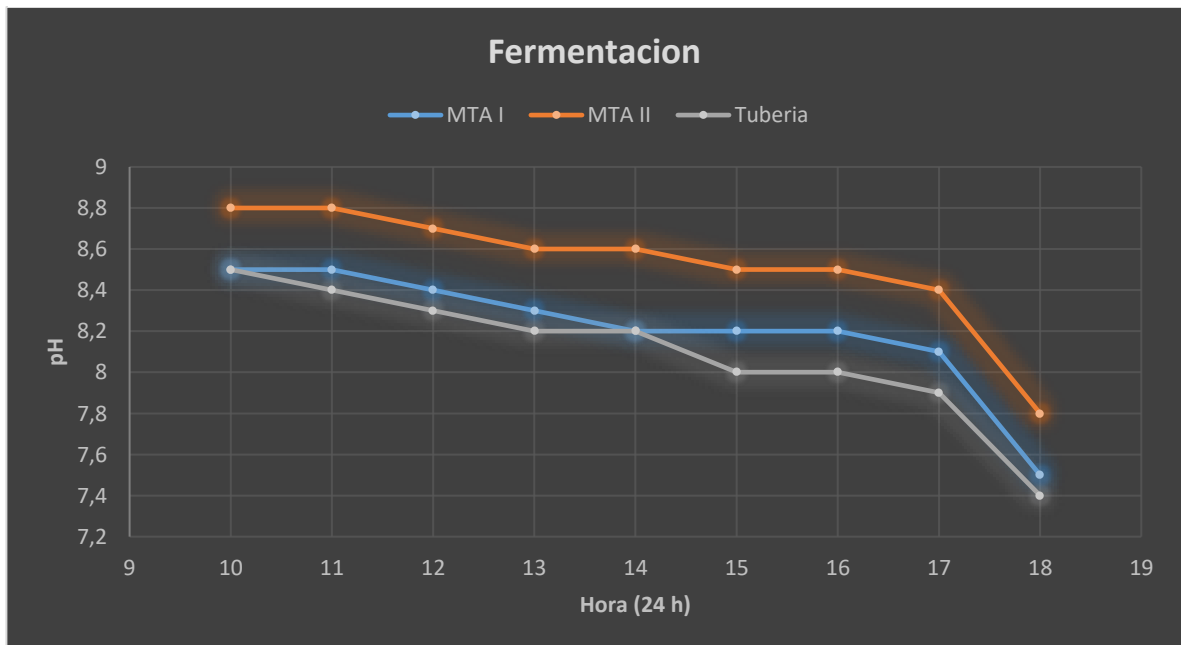
En la figura anterior, se puede observar una galleta rota o incompleta. Estos defectos se pueden presentar por múltiples razones; los más comunes son los atascamientos en la línea de enfriamiento después del moldeo debido a la posición con la que éstos caen después de ser moldeados.

El atascamiento de un cono no es el momento exacto de la fractura sino más bien el momento en el que la galleta que viene atrás empuja la otra galleta para que pueda avanzar generando la fractura de una o de varias galletas al mismo tiempo.

2.1.15 Análisis del proceso fermentativo. Todo el estudio del proceso fermentativo tuvo como fin caracterizar la fermentación que se presenta actualmente en las líneas de producción de conos moldeados específicamente en la producción de conos moldeados, para en capítulos posteriores realizar una comparación entre los resultados obtenidos de la fermentación y de las condiciones ambientales. El proceso fermentativo es un proceso muy complejo en el cual hay una serie de variables que en conjunto permiten las condiciones ideales para que se den estos bioprocesos, variables como cantidad de nutrientes disponibles, agua, temperatura, pH, Humedad, tiempo por supuesto y otras variables, por lo que estudiar el proceso

y entender cómo cambia el pH con respecto al tiempo ya que es una variable muy robusta sobre el comportamiento del sistema, es decir, el pH de inicio cuando la mezcla esta recién elaborada esta alrededor de 8,8 gracias a los compuestos alcalinos como el hidróxido y el bicarbonato que le dan ese carácter alcalino a la mezcla. Para que el pH comience a bajar, es porque la fermentación empezó a ocurrir para notar un cambio considerable en el pH debe pasar un tiempo prudente ya que los microorganismos tienen una fase inicial donde se adaptan al ambiente para luego tener una fase exponencial en donde su crecimiento se da de esta manera por eso el nombre de exponencial para esta etapa, luego una fase estacionaria hasta la muerte. Como se puede observar en la siguiente gráfica, la tendencia de las curvas es la misma independientemente del área donde se esté haciendo el análisis. Cabe resaltar que, aunque la mezcla inicie con un pH de 8.8 el aseo de la línea es importante ya que, si no se ha realizado en más de 24 horas, es casi seguro de que aparezca contaminación de la mezcla. Para el análisis de la tubería, la curva gris, se tomó la tubería de la MTA I debido a que por ser la más larga, se presume que es la que más efecto tendrá sobre la fermentación de las mezclas.

Figura 20. Análisis del proceso fermentativo

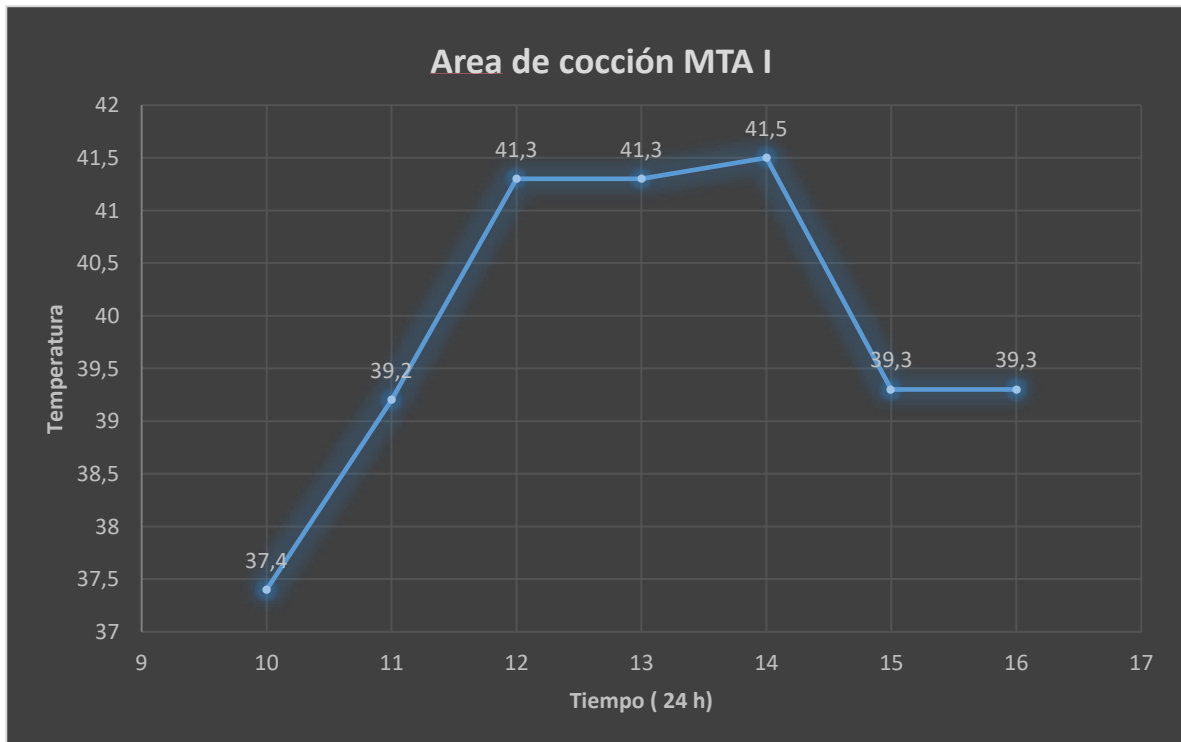


Fuente: elaboración propia

La fermentación se da en un tiempo menor en la MTA I, por lo que el análisis del proceso fermentativo se realizó en las condiciones ambientales a las cuales se desarrolla el proceso productivo en la línea MTA I. En las siguientes gráficas se puede observar el comportamiento de la temperatura ambiente en el área de

cocción de la MTA I y el cambio de pH con respecto al tiempo de la mezcla expuesta a las condiciones de la línea. Es evidente, según la gráfica anterior y las siguientes que a partir de un valor cercano al pH = 8,3 la pendiente tiene cambios abruptos dando poco tiempo para actuar y tomar acciones correctivas para evitar la fermentación de la mezcla y la contaminación de la línea, a la mezcla le toma de las 9 am hasta las 4pm descender de 8,8 hasta 8,3 mientras que de 8,3 hasta 7,3 le toma solo dos horas, el análisis de estos datos de la fermentación y los puntos en los que empieza a cambiar rápidamente permite delimitar los rangos de seguridad dentro de los cuales la producción es segura. Los altos valores en cuanto a la temperatura son un factor a tener en cuenta, como se puede observar en la gráfica que describe que el comportamiento de la temperatura en el área de cocción de la MTA las temperaturas se encuentran en un rango de 37°C y 41,5°C son las temperaturas óptimas para favorecer el crecimiento de microorganismos termófilos que seguramente son los que se encargan en gran medida de que la fermentación ocurra. Mientras la temperatura de la planta no se pueda controlar, lo más recomendable es realizar un control estricto del pH con el cual se está trabajando la mezcla en cada una de las etapas.

Figura 21. Ambiente área de cocción MTA I

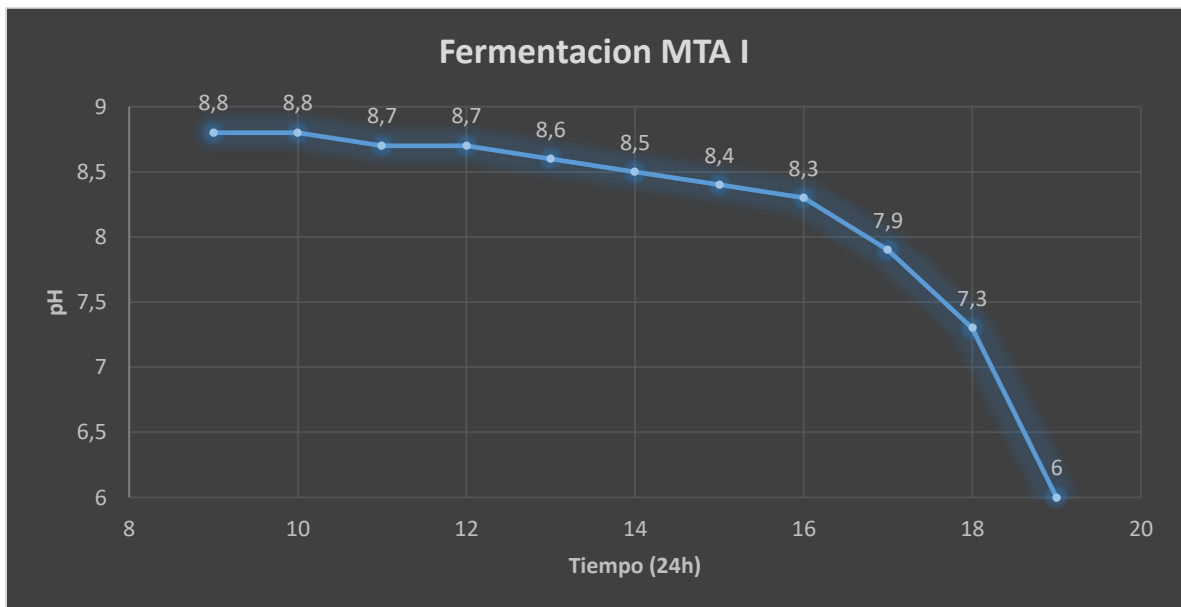


Fuente. elaboración propia

A la mezcla le toma cerca de horas en llegar a un punto en donde es imposible procesarla debido a su consistencia y debido al grado de la fermentación y a los productos que se han generado como consecuencia de ésta. A partir de pH 7,3 no

es recomendable procesarla ya que se pone en riesgo la inocuidad de la mezcla. Hay que tener en cuenta que estas pruebas se realizaron en un vaso de precipitados esterilizado anteriormente para evitar su influencia en la carga microbiana y en la fermentación además de que se usaba una mezcla fresca recién preparada que solo había pasado por el homogeneizador mas no por la línea de transporte y de almacenamiento, cuyo efecto sobre la fermentación está comprobado. En otras palabras, una mezcla en condiciones normales no durara las 9 horas que duró la mezcla en las pruebas de fermentación.

Figura 22. Fermentación en el área MTA I



Fuente: elaboración propia

2.1.16 Comprobar los sistemas de medición actuales de materias primas. En todo proceso productivo es de vital importancia corroborar los sistemas de medición actual, los cuales deberían brindar ciertas características como estabilidad, repetibilidad, reproductibilidad, linealidad y exactitud.

La importancia de los sistemas de medida radica en el desempeño tanto del equipo como la gente o del proceso en general, mediante las herramientas disponibles como probetas de volumen conocido y balanzas recientemente calibradas se realizó la verificación de los sistemas de medida con los cuales se estaban elaborando las premezclas y mezclas, para de esta manera poder determinar el grado de influencia de los instrumentos en la variación de la elaboración de mezclas.

Primero se comprobó la medición del material polvoriento de menor cuantía el cual se realiza mediante una balanza, el resultado fue que era un sistema preciso por lo

que la variación en las características de la mezcla se descarta en cuanto los sólidos de menor cuantía.

2.1.17 Sistemas de medida de líquidos: Los líquidos de menor cuantía, como la mezcla de oleína más lecitina o la cantidad de vainilla, se miden con instrumentos adecuados para tal fin; en cambio, para la medición de la cantidad de agua hay ciertas consideraciones a tener en cuenta, como que los sistemas de medida actuales son baldes con marcas de 12 litros los cuales no tenían la forma más adecuada para garantizar la inocuidad de la mezcla; además, presentaban una variación del 16% con respecto del volumen real que debería estar agregando lo que al 70L equivale una variación de unos 11,2 litros, una fuente significativa de error.

3. SELECCIONAR LA ALTERNATIVA DE MEJORA DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN MTA

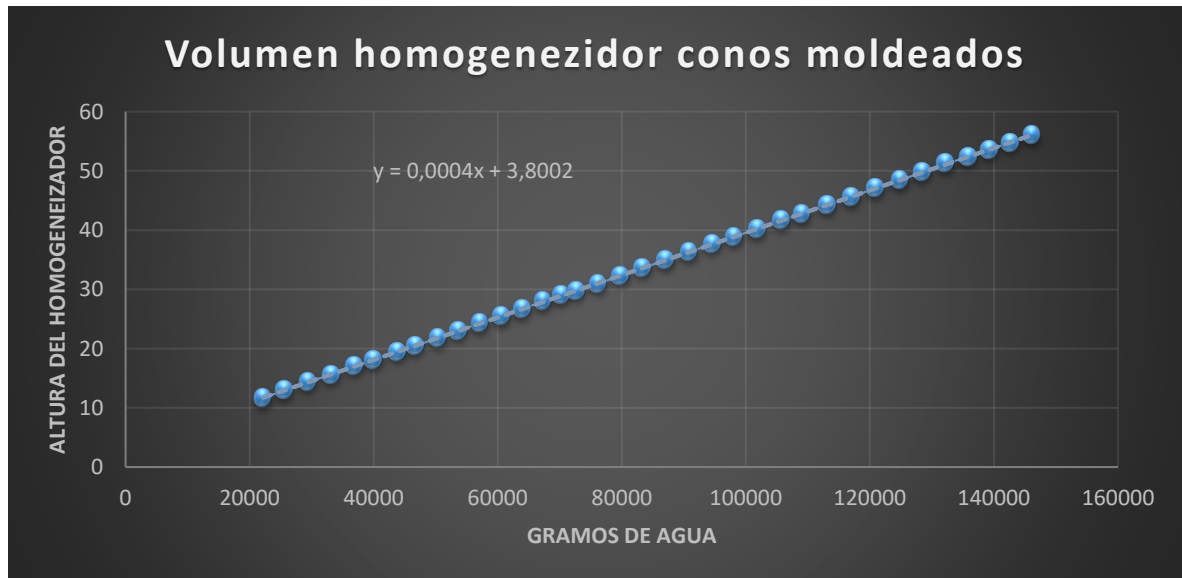
Proponer posibles alternativas para mitigar la fermentación y la variación del proceso ha sido siempre el objetivo principal de esta tesis, las propuestas que se muestran a continuación se pueden clasificar entre propuestas de cambio inmediato a mediano y largo plazo debido a la dificultad de la propuesta o el volumen de inversión sumado al trabajo y las complicaciones que se pudiesen presentar al implementar la propuesta.

3.1 CONTROL DE LA CANTIDAD DE AGUA

Como se enunció anteriormente el método actual para la medición del agua se realiza mediante baldes de 12 litros con una desviación significativa de + o - 11.2 litros lo cual se demostró que tiene un gran efecto en la viscosidad, ya que el tiempo que le toma a la copa o viscosímetro en drenarse normalmente es de 19-20 segundos para la mezcla de la MTA I que contiene 70000g de agua; lo que equivale a 8.1 centistokes, mientras que para la MTA II que contiene 72000g le toma 15-16 segundos en drenarse la copa lo equivale a una viscosidad de 6.4 centistokes, teniendo en cuenta que si ésta cambia, afecta la calibración del horno debido a que está programado para ciertas características de la mezcla. Antes de poder realizar un análisis fermentativo se aseguró que el sistema de medición de agua no presentara esos problemas, la solución inmediata fue la determinación del volumen del homogeneizador donde se realizaba la mezcla y de esta manera mediante un volumen conocido el cual sería el del homogeneizador se pudiese calibrar la cantidad de agua ya sea mediante medidas volumétricas sin tanta variación o mediante la calibración de la viscosidad. Mediante una balanza y una jarra se realizó la determinación del volumen del homogeneizador de galletas moldeadas dando como resultado un homogeneizador de un volumen un poco mayor a 200 L y un método de control de cantidad de agua más exacto con respecto al sistema de medición actual (baldes). En la siguiente grafica se puede observar la cubicación del homogeneizador desde que el volumen tiene un comportamiento constante, estos cambios en la tendencia del volumen son debido a que en el fondo el homogeneizador tiene una forma esférica. Después de realizar la cubicación se realiza la comprobación con la formulación actual mediante el uso de la gráfica; donde los valores de entrada son los gramos de agua para obtener la altura en cm del homogeneizador que corresponde a la cantidad que se quiere agregar y de esta manera proceder con la elaboración de mezcla con el nuevo sistema de medida y corroborar al final de la elaboración de ésta si el valor de la viscosidad es el esperado²¹.

²¹ VALENCIA VALENCIA, Marleny Elizabeth. Diseño y control automático de tanque de almacenamiento de crudo de petróleo para una refinería. 2019.

Figura 23. Cubicación del homogeneizador



Fuente: elaboración propia

Después de realizar la cubicación del homogeneizador se determinaron las alturas equivalentes para cumplir con la cantidad estipulada para cada formulación, debido a que una tiene 70000 gramos de agua y la otra tiene 72000 gramos. Estos valores se obtuvieron previamente de las formulaciones de las galletas moldeadas, la diferencia en regla se puede apreciar gracias a medio centímetro, para la primera formulación es decir la de menor cantidad son 29 centímetros mientras que para la otra son 29,5 centímetros lo que garantiza la exactitud con la que se está elaborando la mezcla y deja una referencia para eventuales modificaciones ya que solo tienen que usar la gráfica y la cantidad de gramos que quieren agregar para así saber la medida exacta en regla al cual corresponde ese gramaje, este es un método barato y de fácil implementación, pero también es necesario la tecnificación del proceso en donde se tiene contemplada la automatización de la mayoría de los sistemas dentro de ellos el sistema de dosificación de agua, lo cual por definición es un sistema en el que se permita controlar de manera computarizada la cantidad de agua exacta que se quiere agregar mediante un sistema electro neumático.

3.2 CONTROL DE PH

El control de pH es uno de los pilares de la información que se puede obtener del proceso de manera sencilla y rápida ya que la lectura demora solo unos minutos, hay que tener en cuenta que para las diferentes etapas que manera el proceso es necesario diferentes tipos de equipos para medir el pH ya que en el algunos casos se está trabajando con líquidos y en otros con estructuras semisólidos como la mezcla entre la harina y agua y por consecuente el electrodo que se usa en una aplicación no es compatible con la otra, el pH metro de líquidos se puede usar

perfectamente para pruebas de calidad del agua reactivos demás aplicaciones similares mientras que el pH metro de sólidos es una herramienta que permite determinar el estado en el que se encuentra la mezcla desde que ésta se fabrica, lo que permite en una etapa inicial como la elaboración de la mezcla, si a ésta se le añadió la premezcla o el estado de aseó de los instrumentos al estar relacionado con el pH ya que a medida que pasa un tiempo en producción el equipo y la mezcla en ese ambiente comienza a descender el pH, la propuesta es que, para la elaboración de cada mezcla se realice una lectura del pH asegurándose de que el pH de la mezcla comienza desde 8,8 que es el valor deseado. En la siguiente imagen se muestra el pH metro de sólidos el cual tiene un electrodo de platino con una punta muy fina capaz de penetrar estructuras semisólidas recubierto por un polímero protector.

Figura 24. pHmetro de sólidos



Fuente: HANNA INSTRUMENT;
consultado el 20 de mayo del 2019;
disponible en;
<https://www.hannacolombia.com/products/product/1655>

El asegurar que la mezcla se elabora desde el inicio dentro de los estándares de calidad hace más fácil una trazabilidad interna del proceso y a su vez, la detección de problemas antes de que tengan repercusiones graves en la producción, el pH inicial de las mezclas es de 8,8 después se procede con mediciones periódicas en el área de almacenamiento asegurándose de llevar a la par los registros ambientales, que son los indicadores de cada cuánto se deben hacer los controles con el fin de asegurar la inocuidad del proceso, después del área de almacenamiento se procede con la medición del pH en la salida de la tubería que alimenta el pulmón para después medir el pH directamente del pulmón estas mediciones pretenden dar un aviso temprano acerca del avance de la fermentación

es decir, al momento en el que se detecte un pH igual o inferior a 7,3 se debe informar inmediatamente para parar la producción de mezcla de las líneas de conos moldeados y realizar una inspección hacia atrás para de esta manera detectar cuáles son los puntos más susceptibles a trabajar por debajo de los rangos de seguridad de pH, en el peor de los casos cuando la fermentación tenga un grado de avance considerable a lo largo de la línea, lo mejor que se puede hacer es procesar la mezcla restante, hasta acabar la mezcla disponible en el área de almacenamiento, para proceder con el aseo de toda la línea, la elaboración de planes de acción y la metodología para actuar en caso de presentarse una fermentación de mezcla. Los planes de acción y acciones correctivas son a conveniencia de cada situación debido a la particularidad del proceso.

3.3 CONTROLES DE MATERIA PRIMA

La calidad del producto comienza con la calidad de las materias primas y en particular, la calidad de la galleta está directamente relacionada con las propiedades que presente la harina. Por ejemplo, la fuerza de la harina o la cantidad de carga proteica que contiene debe ser verificada en cada lote ya que muchos de los ingredientes como la cantidad de bicarbonato y la cantidad de grasa que se necesite para el correcto procesamiento de la mezcla están relacionado con la fuerza de la harina. Por lo general se realizan 2 pruebas de calidad que determinan el grado de la harina de trigo y el uso más adecuado para el cual debe ser usada la harina, el análisis del alveógrama es el primero y más diciente de la calidad de la harina ya que este indica la retención de gases que va tener la mezcla durante procesos de fermentación, este valor no es tan importante para el proceso de elaboración de conos moldeados ya que la harina que se utiliza aquí, es una harina de uso rápido más el valor de la fuerza panadera es un gran indicador acerca de cómo se comportará la mezcla ante cierta cantidad de agua y algún tipo de esfuerzo mecánico W o la fuerza panadera están relacionado de manera directa con la cantidad y calidad del gluten presente en la harina, en el alveógrama se puede obtener una relación de la tenacidad y el equilibrio de la harina P es decir la tenacidad es una variable relacionada con la resistencia que ofrece la harina a moverse cuando se ejerce una fuerza sobre ella, I indica la capacidad de la harina para estirarse. Los resultados que se esperan para una harina de grado óptimo en el proceso de elaboración de conos moldeados se muestran en la tabla de propiedades deseables para una harina de galletería en el capítulo 2, La siguiente prueba que se propone para controlar la calidad de las materias primas es un farinograma mediante la cual se determina el porcentaje de absorción de agua y el tiempo adecuado para lograr obtener una mezcla correctamente homogenizada, además de brindar un límite en cuanto el esfuerzo que puede brindar el gluten presente en la harina por lo cual se tendrían los datos correctos para calibrar el tiempo de homogenización sin necesidad de dejar la variable al sometimiento de un valor arbitrario, el análisis reológico de la harina de trigo permitirá modificar los

límites con los cuales Soluciones Omega está trabajando actualmente para darle aceptación o rechazo a la harina de trigo

3.4 CONTROLES AMBIENTALES

Los controles meteorológicos son de gran importancia para el proceso ya que permite brindar información de importancia acerca de las condiciones de temperatura y humedad del proceso, esta toma de datos se vuelve de carácter obligatorio para asegurar que las condiciones que se dan a lo largo de todo el proceso no ponen en riesgo la integridad de las materias primas o de la mezcla, por ejemplo en la etapa de almacenamiento para asegurar que no hay fenómenos de adsorción o absorción de agua por parte de las materias primas en forma pulverulenta, se determinan límites de humedad a los cuales resulta seguro el almacenamiento. En la etapa de fabricación de mezcla, almacenamiento y cocción es importante delimitar la temperatura que permiten trabajar con un margen de seguridad considerable debido a que se comprobó que la temperatura es un factor de gran importancia al analizar los procesos fermentativos que se presentan en la planta, cuando en alguna de las etapas se trabaja a una temperatura superior a los 35 °C es muy posible que se esté favoreciendo la fermentación por lo que el seguimiento del pH de la mezcla y la temperatura ambiente debe hacerse de una manera constante para asegurar que la mezcla se mantenga dentro de los valores operaciones preestablecidos y encontrar posibles condiciones que favorezcan la fermentación mediante los controles y de esta manera tomar medidas preventivas.

3.5 CONTROL DE LA TEMPERATURA DE LA PLANTA

El control de la temperatura a la que se trabaja en la planta es una mejora que se debe hacer por mucho que cueste la inversión ya que no solo se asegura que la producción trabaja dentro de unos límites más seguros en cuanto a las condiciones que favorecen la fermentación, si no que la sensación térmica de la planta disminuiría lo que le generaría una mayor sensación de confort al trabajador, el control de la temperatura en el área de cocción es el área más crítica y en donde se ve más efecto de la temperatura sobre la fermentación ya que el higrómetro ha marcado varias veces en su memoria temperaturas de 43°C lo que es una temperatura demasiado alta para evitar la fermentación. Los métodos más comunes para el control de la temperatura en una planta son ventilación, extracción de calor, saturación de aire, cualquiera de estos métodos requiere la implementación de equipos ya sea para que sustituya una porción del aire del ambiente por uno más fresco por el método de ventilación o porque sature aire y lo inyecte al sistema para dar una mejor sensación térmica incluso algunas veces es conveniente la combinación de algunos de estos métodos. En esta tesis solo se deja la propuesta y la recomendación de que a la temperatura de la planta no se debería operar, por lo que la conclusión es que la temperatura de la planta se debe controlar por medio de un sistema externo.

3.6 ADICIÓN DE CONSERVANTES

La adición de conservantes es una gran posibilidad que puede funcionar de muchas maneras, ya sea porque al momento de realizar los controles de pH se encuentre que está llegando a valores cercanos del límite. Una posibilidad es la de agregar una pequeña cantidad de un conservante o una sal que permita inhibir el crecimiento microbiano y así incluirlo en la formulación, por mucho que esto signifique cambiar el registro del producto la tabla nutricional y demás efectos negativos que podrían llevar el agregarle un elemento nuevo a la formulación de las galletas moldeadas con el fin de evitar la generación de mezclas rechazadas por fermentación.

Por definición un conservante es un aditivo en la formulación de cualquier alimento sin importar su origen, su función principal es la de mitigar todos los efectos negativos que pueden tener algunos microorganismos sobre el alimento, los conservantes más comunes de una manera general se clasifican en sorbatos, benzoatos, sulfitos y nitritos o nitratos, de manera inicial se propone el uso de un inhibidor del crecimiento de hongos, un fungicida usado desde hace mucho tiempo para conservar los alimentos la sal de cocina o cloruro de sodio NaCl en bajas concentraciones de manera que el efecto que pueda tener en el sabor y la estructura de la galleta no se vea modificada de gran manera.

3.7 CAMBIO DE HARINA

Como se puede observar en el siguiente cuadro la harina que actualmente se usa no está dentro de los parámetros esperados en cuanto a fuerza (w) ya que tiene un valor de 104, cuando la fuerza que se espera esta entre el rango de 30-35, de la misma manera con la tenacidad (p) las propiedades deseables son las propiedades típicas de una harina usada para la elaboración de galletas. Como se mencionó anteriormente la calidad de la harina determina la cantidad requerida de cada ingrediente complementario, es decir el agente leudante, el emulsificante, la parte grasa y todas las demás materias primas exceptuando la esencia de vainilla y el colorante están en función de las propiedades de la harina con la que se elabora la mezcla.

Tabla 5. Comparativo harina de Soluciones Omega y una harina típica de galletería

Alveógrama harina de trigo		
Características	Harina actual	Propiedades deseables
W	104	30/35 Tenacidad limitada
p	36	130/150 muy extensible
L	120	105/90 floja
p/L	0,3	0,10/0,30 trigos flojos

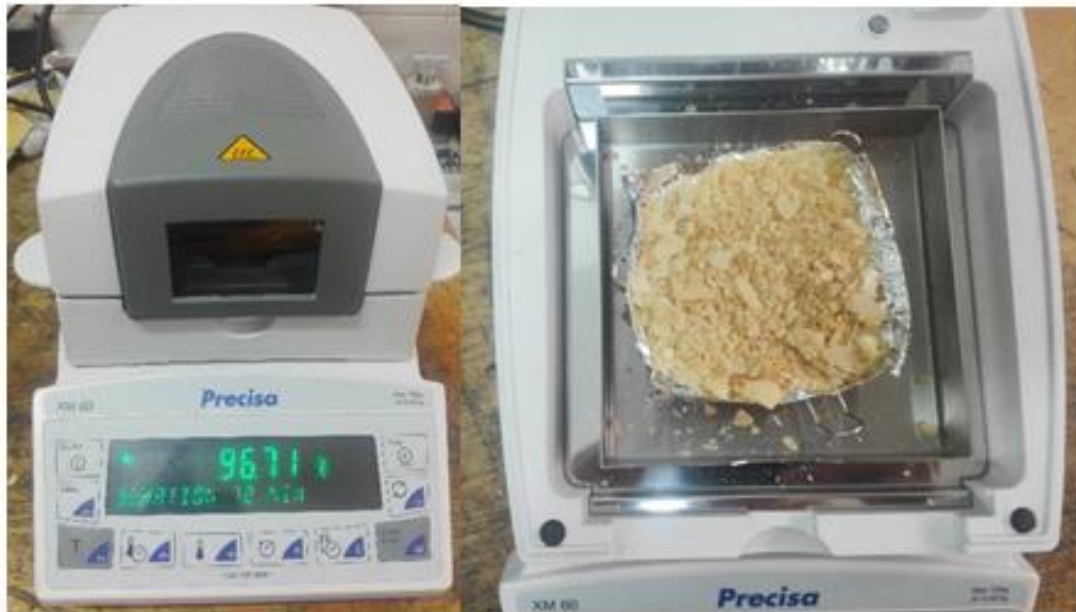
Fuente: elaborado por el autor.

El uso del alveógrafo garantiza que la formulación está de acuerdo a las propiedades de la harina con la que se está elaborando la mezcla

3.8 DETERMINADOR DE HUMEDAD

Según la NTC 529 la determinación de humedad para los productos a base de cereales se puede hacer de muchas maneras, una de ellas es la determinación de humedad mediante un equipo como se puede ver en la siguiente imagen donde se muestra la determinación de humedad de una de las galletas moldeadas que se produce en la línea de conos moldeados, la importancia de la determinación de humedad radica en aspectos de calidad y optimización, ya que la cantidad de agua o humedad libre dentro de un alimento puede favorecer al crecimiento de hongos y levaduras que mediante procesos de fermentación dañan el alimento y le reducen su tiempo de vida mientras que en aspectos de optimización permite realizar variaciones a las formulaciones o a las variables del proceso de horneado como la velocidad o temperatura a la cual se está realizando la cocción actualmente. Los resultados arrojados por el informe de laboratorio de BIOQUIM arrojaron un valor de 4,65% de humedad para la galleta copita gusto producida en la línea 2 mientras que para la galleta copita miel el porcentaje de humedad fue de 4,95%.

Figura 25. Determinador de humedad



Fuente: SOLUCIONES OMEGA

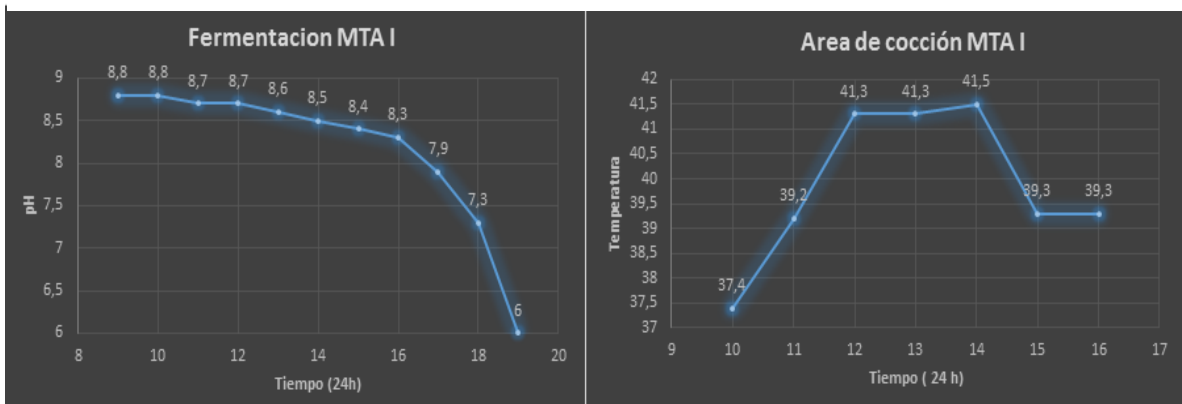
3.9 VISCOSÍMETRO

Actualmente las funciones del viscosímetro se realizan mediante un cucharón o viscosímetro de copa que, como se mencionó anteriormente, se usa en la industria de los aceites y fluidos newtonianos de baja viscosidad, no es el método ni el instrumento más adecuado para medirla, debido a que la viscosidad es una medida que permite el desarrollo, optimización y control de la línea de producción en especial en la producción de mezcla, la resistencia a fluir es una medida directa que indica la relación entre la cantidad de harina y agua. Debido a que la parte grasa afecta la viscosidad, pero siempre se mantiene constante para descartar variaciones en la medida de ésta a causa de la parte grasa de la formulación, todos los cálculos de los requerimientos de bombeo, cálculo de las dimensiones de las tuberías, están ligados a la viscosidad ya que es una medida de la reología con la cual se pueden diseñar tuberías, bombas, equipos, homogeneizadores y diversos equipos más. La adición de un viscosímetro para la optimización de la línea y el control de la fabricación de la mezcla le permitiría al equipo trabajar con un margen de seguridad más alto y reducir el porcentaje de error del proceso y el rechazo de mezcla por variaciones en la elaboración²².

3.10 ANÁLISIS DE DATOS DEL PROCESO FERMENTATIVO Y LA DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Las condiciones de la planta se estudiaron a lo largo de cada etapa productiva, así como el proceso fermentativo se simuló en cada una de las etapas y en cada una de las condiciones posibles que se pudiesen presentar en la línea; como diferentes temperaturas, humedad, con presencia o ausencia de oxígeno.

Grafica 4. Comparación entre la fermentación y el área de cocción de la MTA I.



Fuente: elaboración propia

²² NAVAS, J. (2006). Fundamentos de reología de alimentos.Op

Del diagnóstico de la planta se determinó que las variables que influyen en el proceso fermentativo son muchas, pero si se asume que el programa de aseo de los equipos, las medidas sanitarias del personal y la superficie se ha desarrollado correctamente, se puede reducir a la zona donde se presente la mayor temperatura. Como se puede observar en el literal donde se desarrolló el diagnóstico ambiental de la planta, la zona con la temperatura más alta fue el área donde se ubica el pulmón de la línea MTA I. Por lo tanto, es la zona donde se realiza la mayor parte de experimentos con el objetivo de describir el comportamiento y los tiempos en los que decaía el pH.

Al parecer las condiciones que favorecen la fermentación que afecta el proceso de fabricación de conos moldeados se dan en el área de cocción de la MTA I. En las áreas donde no se alcanzan temperaturas superiores a los 33°C la fermentación no se da de una manera significativa, porque después de transcurrir periodos prolongados de 12 horas o mas no se vio un cambio relevante en el pH que indicara la existencia de la fermentación, mientras que a partir de los 35°C hay un crecimiento de la actividad microbiana en la mezcla porque el pH decae de manera constante hasta que la mezcla pierde ese carácter alcalino y cae abruptamente desde 7,3 hasta 6 en menos de una hora, como se mencionó anteriormente, el análisis de la fermentación se realizó de manera de poder eliminar todas las variables que no tuviesen un efecto sobre la fermentación, el tiempo desde que se elabora la mezcla hasta que es procesada, es mucho menor al tiempo con el que se realizaron las pruebas de fermentación. El volumen del pulmón y las altas temperaturas a las que está sometido favorece la fermentación, el tiempo que le toma a la mezcla llegar desde la zona almacenamiento, pasando por las tuberías con un diámetro pequeño, el calor que se genera a medida que ésta se va desplazando por la tubería sumado al ambiente en el que el pulmón se encuentra ubicado, el acero inoxidable del pulmón favorece la transferencia de calor hacia la mezcla por lo que la temperatura de la mezcla antes de procesarla está cerca de 37°C en un ambiente cercano a los 41°C y para acelerar aún más el proceso fermentativo en el área de cocción de la MTA I que tiene un reciclo el cual nunca fue tenido en cuenta para el proceso fermentativo, la función de éste es eliminar el aire que se genera en el mecanismo de la bomba que suministra mezcla a la flauta dispensadora, por lo que el reciclo de ésta es una situación esporádica, el pH de la mezcla que retorna el pulmón estaba cerca de valores a 4 a 5.5. Esto significa que el retorno es una alimentación constante a la línea de un cultivo fermentativo, lo que contamina la mezcla y disminuye el tiempo de vida de la tubería. Como resultado, fermentación inminente, desde el momento del almacenamiento hasta que llega el procesamiento de la mezcla, los cambios que sufre la mezcla en cuestión de pH con indicativos del estado de aseo e inocuidad de la línea, una vez el pH está cercano a 7,3 los cambios que se presentan son muy rápidos, casi imposibles de percibir sin una herramienta como el pH metro de sólidos o hasta que toda la línea está contaminada. Actualmente se desecha la mezcla que se fermenta, se cambia el pulmón y se sigue procesando sin tener en cuenta que la fermentación se da a lo largo de la línea y no solo en el pulmón.

3.11 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DEL PROCESO

La identificación de las etapas de control y etapas críticas de control es vital para cualquier proceso donde se lleve a cabo procesamiento de alimentos, un punto de control puede ser cualquier etapa donde los riesgos biológicos pueden ser controlados o mitigados mientras que el punto crítico de control es aquel donde se hace vital la existencia de un control como medida preventiva para mitigar o eliminar cualquier riesgo relacionado con la inocuidad de la mezcla, esta parte es solo el inicio de una propuesta de desarrollar un sistema HACCP o APPCC, este sistema es una medida preventiva de manera lógica que permite controlar un proceso de manera sistemática, pero antes de profundizar en este método es necesario resaltar que para implementar o desarrollar un sistema de este estilo es necesario cumplir con requisitos como un programa de buenas prácticas de manufactura que Soluciones Omega ya tiene, un programa de procedimientos operacionales estandarizadas y programas de procedimientos operacionales estandarizados de sanitización de manera que esto solo es un preámbulo de lo que se puede alcanzar desarrollando estos programas y el método de aseguramiento de la calidad y la inocuidad en el proceso de elaboración de conos moldados. Dentro del desarrollo de este programa es necesario la consideración de los siguientes elementos los cuales ya se tienen en gran parte, pero deben ser puestos en un documento y compilarse para la certificación de un método de aseguramiento del proceso.

- programas de control y seguridad de la calidad del agua,
- aseo y sanitización de equipos, utensilios estructuras,
- prevención de la contaminación cruzada,
- etiquetado y almacenamiento
- Salud e higiene del personal
- control de plagas
- trazabilidad
- investigación y retroalimentación de reclamos
- Calibración de equipos e instrumentos
- Capacitación
- control de proveedores
- materias primas y material de empaque
- retiro y recuperación de producto

Desde el inicio de este proyecto fue evidente la necesidad de un programa como estos que tuviera en cuenta todos los factores influyentes sobre la calidad del producto, pero definitivamente era más urgente la mitigación y control de la generación de mezcla fermentada cuando estos prerrequisitos que se nombraron anteriormente han sido satisfechos se procede de la siguiente manera

- **ANÁLISIS DE PELIGROS:** mediante la elaboración de un diagrama de flujo se procede a identificar los riesgos que comprometan la seguridad alimenticia de cada producto elaborado ante el consumidor.
- **IDENTIFICAR LOS PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL:** en esta etapa del método se determina los controles y donde son necesarios implementarlos para asegurar la inocuidad del proceso.
- **ESTABLECER LÍMITES CRÍTICOS:** la identificación de estos límites se hace mediante la investigación de cuáles son las variables que afecta el proceso y la definición de estas dentro del rango de lo que es seguro y lo que representa un riesgo para el producto, como en este caso específico la temperatura o el pH.
- **SISTEMA DE VIGILANCIA:** determinar los tiempos y las responsabilidades de quien debe llevar a cabo la inspección de las variables que indican la linealidad del proceso para de esta manera llevar un informe y detectar de manera oportuna cualquier desviación.
- **ACCIONES CORRECTIVAS:** acciones ya preestablecidas que permiten retomar el control del proceso cuando en la etapa anterior se ha identificado una desviación.
- **SISTEMA DE VERIFICACIÓN:** por el último crear un sistema de verificación que permita confirmar el correcto funcionamiento del proceso y que todos los riesgos han sido reducidos de manera significativa.
- **SISTEMA DE DOCUMENTACION:** actualmente no hay documentación acerca de las variables que se determinaron como críticas en el diagnóstico que se realizó en este proyecto como la temperatura ambiente de algunas etapas o el pH de la mezcla a lo largo del proceso, implementar un sistema de documentación acerca del comportamiento de estas variables junto con la reacción que tenga el proceso a estas permite una descripción más clara acerca de qué hacer cuando estas situaciones o similares se presenten de nuevo.

Según lo descrito anteriormente se realizó una breve identificación de las etapas más relevantes del proceso, aquellas que pudiesen representar un peligro o un riesgo para la inocuidad de la mezcla y por lo tanto del producto terminado es decir el cono moldeado, se desarrolló un diagrama de flujo del proceso de elaboración de conos moldeados de la MTA I y de la MTA II el cual se puede observar en los

anexos, la etapa que del almacenamiento transporte y cocción se identificaron como los puntos críticos de control ya que son las etapas donde se puede asegurar la inocuidad de la mezcla, hay que tener en cuenta que estos controles o métodos no tienen en cuenta los aspectos que estén ligados a la calidad. Mediante el estudio del proceso fermentativo se obtuvo que un valor límite para la inocuidad de la mezcla es un valor cercano a 7,3 debido a que los cambios a partir de ahí son abruptos y dan poco tiempo para tomar acciones que permitan retomar el control del proceso, es decir el parámetro a monitorear es el pH debe ser monitoreado en cada etapa que se identificó como crítica por lo menos cada hora desde que se elaboró la mezcla y cada media hora cuando el pH descienda cerca de valores a 8,3 hasta llegar a los valores límites del pH es decir hasta 7,3 en cualquiera de los puntos a lo largo de la línea, a partir de ahí es necesario realizar el aseo general de la línea para retomar los procesos productivos, mediante la toma del pH cuando se retome la producción se puede corroborar que el aseo de las superficies y equipos se realizó de la manera correcta

4. COMPROBACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA A NIVEL EXPERIMENTAL

En el capítulo anterior se propuso una serie de alternativas con el fin de mitigar las afectaciones que se presentan actualmente en la planta de Soluciones Omega, de manera inicial es evidente la necesidad de soluciones rápidas, sencillas que no requieran de una gran inversión y representen una mejora significativa al proceso. Las mejoras que se implementaron fueron las siguientes; monitoreo al pH de la mezcla por medio de un pHmetro HANNA diseñado para sistemas sólidos y semisólidos, estudio del alveógrama de la harina de trigo para determinar el uso de ésta, pruebas microbiológicas a las materias primas, adición de NaCl como inhibidor de la fermentación, determinador de humedad para garantizar la correcta cocción de las galletas y por último el sistema de control de medida de agua por medio de la regla junto con la cubicación del homogeneizador para reducir las variaciones en la elaboración de la mezcla, este método demostró ser confiable y robusto, por su exactitud y repetitividad, a largo plazo se recomienda el diseño de un sistema automatizado para eliminar el factor humano que aún se hace presente en la medida de los líquidos, ya que para que sea eficiente y confiable el método es necesario esperar un tiempo para ver el nivel real, mientras que el control el pH y las variables ambientales demostraron ser una medida de control muy útil para monitorear y determinar el estado de la mezcla o si la premezcla ya había sido añadida. Al mismo tiempo las variables ambientales eran muy dicientes acerca del comportamiento que tendría la mezcla a lo largo de un periodo determinado por ejemplo en 43°C por lo que el control debía ser más estricto que en un día fresco. El rigurosos seguimiento y control de esta variable permitió mitigar la generación de mezcla fermentada de 220 galones por semana a 0 galones por semana.

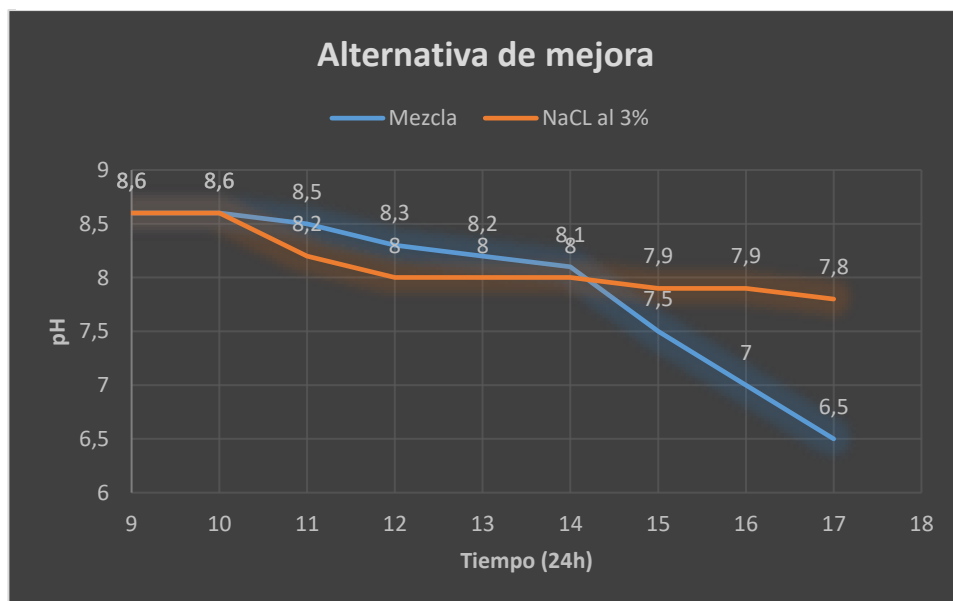
Al mismo tiempo que este proyecto se desarrollaba la empresa llevaba a cabo planes para mejorar los procesos productivos, dentro de éstos estaba el monitoreo y control de la temperatura de la planta por medio de un extractor conectado a un ducto de aire posicionado estratégicamente sobre cada horno de cocción. Para lograr reducir considerablemente el efecto de la temperatura de la planta sobre la mezcla. Hasta el día de hoy no se ha puesto en marcha el sistema de extracción de calor. El resultado de los estudios microbiológicos que se les realizo a los conos moldeados. Este resultado se puede observar en la tabla 6. El alveógrama de la harina de trigo resultó de gran ayuda al brindar una oportunidad de mejora significativa, ya que comparando la harina que se usa en Soluciones Omega con la que se usa en la fabricación de galletas, ésta encuentra bastante lejos de las propiedades típicas. De lo anterior se puede concluir que existe una oportunidad de mejora en cuanto al tipo de harina que se utiliza para elaborar los conos moldeados.

El determinador de humedad es un equipo que se propuso al momento de mejorar la medición el agua ya que permite calibrar la velocidad y la temperatura con la que se está operando el horno para obtener la galleta dentro de la humedad requerida,

la legislación Colombiana dicta que para los productos de molinería es aceptable una humedad menor al 10% por lo que tanto la galleta de la línea MTA I y de la MTA II cumple sin ningún problema, la adquisición de este equipo, aparte de ser una gran herramienta de mejora y control se realizó porque el cliente requería incluir dentro de la descripción de su producto la humedad de la galleta como una medida de la calidad con la que se está trabajando el producto.

La adición de NaCl al 3% 5 % y 7 % con respecto a los sólidos demostraron que la acción de un fungicida natural como la sal de cocina permitirá inhibir y controlar el crecimiento de los microorganismos responsables de la fermentación de la mezcla, en la gráfica se puede observar cómo cae más rápido el pH en la mezcla que contiene sal pero al mismo tiempo se puede ver como se mantiene más estable a través del tiempo ya que después de cruzar la barrera de 8,3 le toma un tiempo significativamente mayor hasta que los valores del pH desciendan a valores que representen un peligro o un riesgo para la inocuidad de la mezcla.

Gráfica 5. Adición de NaCl a la mezcla



Fuente: elaboración propia

Aunque aparentemente la adición de sal resulta una solución posible para darle más tiempo a la línea y a la mezcla, esta solución se descartó ya que el cliente principal para el cual se produce, denegó la adición de sal debido a las medidas que conlleva el realizar la adición, cambios de registros sanitarios, formulaciones, publicidad y demás por lo que, aunque funcional resulta muy poco práctico realizar la adición de ésta. Mientras que el monitoreo del pH a lo largo de la línea y en las etapas que se determinaron como etapas críticas, permitieron eliminar la generación de mezcla rechazada por concepto de fermentación ya que el resultado de la experimentación sobre la ésta permitió determinar los límites operacionales y de esa manera

asegurar la calidad e inocuidad de la mezcla, durante el periodo que se realizó el monitoreo no se generó fermentación de mezcla. En cuanto a la variación de la elaboración de la mezcla se pudo determinar que el balde con el que se realizaba la medición de agua era la fuente del error ya que variaba cerca del 12 % del volumen, la solución fue medir la altura en el homogeneizador después de la adición de un volumen conocido y así relación la altura en regla con el volumen en el homogeneizador. Las variaciones más los problemas de fermentación generaban el rechazo de mezcla a una tasa de 220 galones por semana mientras que en el periodo que se llevó a cabo la prueba de monitoreo, junto con el cambio del sistema de medición de líquidos permitió reducir la generación de ésta a 0 galones por semana.

Tabla 6. Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas copita Gustto

Informe de resultados			
Muestra	Cono copita Gustto		
Cantidad	500g		
Condiciones de la muestra	Cumple		
Tomada por	Asbioquim Ltda		
Análisis Microbiológico			
Análisis	Unidades	Resultado	Limite
Recuento de Aerobios mesofilos	UFC/g o mL	50	1000-5000
Recuento de Coliformes totales	UFC/g o mL	<10	<10-10
Recuento de Escherichia coli	UFC/g o mL	<10	<10-10
Recuento de Estafilococo coagulasa positiva	UFC/g o mL	<100	<100
Recuento de Bacillus cereus	UFC/g o mL	<100	10 - 100
Recuento de Mohos	UFC/g o mL	<10	50-500
Recuento de Levaduras	UFC/g o mL	<10	50-500
Análisis fisicoquímicos			
Análisis	Unidades	Resultado	Limite
Humedad	g/100g	4.65	Max 5
Proteína en base seca	g/100g	10.34	Min 3
Plomo	mg/kg	N. D	Max 0.2
Aflatoxinas totales	ppb	N. D	Max 10
pH (20°C)	unidades de pH	7.6	5.6-9.5
Normatividad	NTC 1241 Galleta sin relleno		

Fuente: elaboración propia, con base en: ASBIOQUIM LTDA

Como se puede observar en la tabla 6 los resultados del cono copta Miel cumplen con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Tabla 7. Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas copita Miel

Informe de resultados			
Muestra	Cono copita Miel		
Cantidad	500g		
Condiciones de la muestra	Cumple		
Tomada por	Asbioquim Ltda		
Análisis Microbiológico			
Análisis	Unidades	Resultado	Limite
Recuento de Aerobios mesofilos	UFC/g o mL	50	1000-5000
Recuento de Coliformes totales	UFC/g o mL	<10	<10-10
Recuento de Escherichia coli	UFC/g o mL	<10	<10-10
Recuento de Estafilococo coagulasa positiva	UFC/g o mL	<100	<100
Recuento de Bacillus cereus	UFC/g o mL	<100	10 - 100
Recuento de Mohos	UFC/g o mL	<10	50-500
Recuento de Levaduras	UFC/g o mL	<10	50-500
Análisis fisicoquímicos			
Análisis	Unidades	Resultado	Limite
Humedad	g/100g	4.96	Max 5
Proteína en base seca	g/100g	10.77	Min 3
Plomo	mg/kg	N.D	Max 0.2
Aflatoxinas totales	ppb	N.D	Max 10
pH (20°C)	unidades de pH	7.8	5.6-9.5
Normatividad	NTC 1241 Galleta sin relleno		

Fuente: elaboración propia, con base en: ASBIOQUIM LTDA

Tanto la galleta copita Miel y la copita Gustto cumplen a su totalidad la NTC 1241 que hace referencia a las galletas sin relleno, las propiedades y el método permitido para la determinación de éstas se enuncian en el marco teórico.

5. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA

Para poder determinar la viabilidad de la propuesta y el beneficio de ésta se realizó un sondeo general de cuanto se está perdiendo por semana a raíz de la mezcla fermentada, cuando el proyecto se inició hace unos 9 meses atrás la generación de mezcla fermentada era de 220 galones por semana lo que equivale a 832,791 litros de mezcla por semana, con un promedio de 20 pesos por gramos entre la mezcla de la MTA I y la MTA II y una densidad de 1,11g/ml se procedió a calcular la cantidad de dinero que representaba la generación de esos galones de mezcla por semana, El resultado es de \$ 16'655.760 por semana, los datos para obtener este valor se muestran en el anexo B, para mitigar la generación de la mezcla fermentada se decidió realizar un análisis de costos a las soluciones que se propusieron en esta tesis, para la regulación del nivel de agua en la elaboración de la mezcla se propuso el uso de la regla para la cubicación del tanque y así realizar la mezcla con un porcentaje de variación menor, el costo de implementación de esta medida fue mínimo ya que solo se necesitaba una balanza y una regla de acero inoxidable las cuales ya se tenían en la instalación anteriormente, por eso solo se incluye el valor de la regla mientras que para realizar los controles meteorológicos en las etapas de premezcla, almacenamiento de materias primas, elaboración de la mezcla y por supuesto el área de cocción se necesitaba de higrómetros por cada sección los cuales se incluyen de manera unitaria por sección en el análisis de costos, el pH metro que se incluye dentro del análisis es un pH metro de solidos el cual resulta ser la herramienta más indicada y robusta para determinar el estado de la mezcla a lo largo del proceso, la compra de estos equipos significaría el cumplimiento de los objetivos por parte del proyecto pero más importante aún significaría el inicio de toda un serie de prerrequisitos para lograr certificar el aseguramiento de la calidad y la inocuidad de los procesos de fabricación de galletas moldeadas en todas las líneas de Soluciones Omega ya que muchas de las ideas que se proponen en este documento son aplicables a las otras líneas del proceso, estos equipos pretenden lograr generar un registro acerca de las variables meteorológicas del proceso y de esta manera también generar un archivo que permita una trazabilidad de las materias primas o el producto en cada una de las áreas de producción, el pH metro se vuelve esencial en etapas como el almacenamiento de la mezcla, el transporte y la cocción. La adquisición del determinador de humedad aparte de satisfacer al cliente como un requerimiento, es una herramienta de control y mejora sobre todo del proceso que se está dando en el horno.

No significa que los equipos que no son tenidos en cuenta en el análisis de costos se descarten ni nada menos, el análisis de costos de esta propuesta se enfocó en los equipos necesarios para garantizar el control el proceso y la mitigación de los problemas de variación en la elaboración y fermentación de mezclas, el viscosímetro es una herramienta que garantizaría la correcta relación de agua y harina además de los demás ingredientes, pero con asegurar la cantidad de agua por medio de la cubicación y asegurar que los procedimientos para realizar la

mezcla se cumplen se cubre un alto grado de seguridad sin necesidad de incluir otros equipos al proceso.

A continuación, se muestra una tabla con el costo de cada uno de los equipos que se nombraron anteriormente, cabe resaltar que los costos por pérdidas de tiempo energía y horas hombre no fueron tenidos en cuenta en el análisis de costos de la propuesta.


Figura 26. Costo determinador de humedad

Equipo: Determinador de humedad	
	Subtotal
	\$2'888.000
	IVA
	\$ 548.720
	Total
	\$3'436.720

Fuente: elaboración propia

Como se mencionó anteriormente el determinador de humedad se propone como herramienta de control después del horneado.

Figura 27. Costo pHmetro

Equipo: pH metro	
	Subtotal
	\$ 349.990
	IVA
	\$ 66.498
	Total
	\$ 416.488

Fuente: elaboración propia

La implementación del pH metro se realizará para el monitoreo y control tanto del estado de la mezcla como el de la línea de producción, también se propone con el fin de confirmar la existencia de la premezcla en la mezcla.

La adición de 2 higrómetros en las etapas de almacenamiento de materias primas, un higrómetro en la etapa de elaboración de mezcla y premezcla respectivamente, otro higrómetro en la etapa de almacenamiento de la mezcla más un higrómetro por

cada horno de cocción para un total de 7 higrómetros con un costo por unidad que se puede observar en la tabla de costos del higrómetro

Figura 28. Costo higrómetros

Equipo: Higrómetro	
	Subtotal
	\$ 89.990
	IVA
	\$ 14.398,40
	Total
	\$ 104.388,40

Fuente: elaboración propia

El costo unitario de cada higrómetro después de impuestos es de \$104.388 para un total de 7 higrómetro la inversión es de \$730.718, llevar un monitoreo de las variables meteorológicas del proceso, permite realizar predicciones acerca del comportamiento de la mezcla, el análisis fermentativo demostró que las zonas donde se presentan altas temperaturas son zonas que favorecen la fermentación y le quitan tiempo de vida a la mezcla y por consiguiente a la línea de producción.

La inclusión de estos equipos al proceso productivo tiene un costo aproximado de \$4'583.926, mientras que las pérdidas por semana debido a la mezcla fermentada sin tener en cuenta nada más, es de \$16'655.760, con base en estos resultados y sin tener en cuenta el costo del desarrollo del proyecto, fue de \$16'570.840 lo que demuestra la viabilidad y rentabilidad del proyecto ya que con estos equipos y las acciones correctivas como la cubicación del homogeneizador se espera que la generación de mezcla fermentada sea casi nula, además de generar valores agregados para el cliente al certificar la cantidad de humedad en la galleta en cada lote producido y de tener un mayor control del estado real de la mezcla al llevar un histórico del monitoreo de las variables meteorológicas, de esta manera se cumple el objetivo del proyecto que era diseñar una propuesta de mejora que tuviera en cuenta tres aspectos fundamentales, disminuir la variabilidad en la fabricación de la mezcla, encontrar las razones por la cual la mezcla se fermentaba y mitigar la generación de mezcla fermentada además de la adición de controles que permitieran dar un mayor grado de seguridad alimenticia al proceso de fabricación de galletas moldeadas.

6. CONCLUSIONES

- La elaboración de la mezcla tiene variaciones significativas de alrededor de un 16% en cada lote debido a los elementos de medida que se utilizan actualmente para calcular la cantidad de agua, la inclusión de un sistema de cubicación al homogeneizador resulto ser una solución eficaz y económica ya que desde que se implementó, las variaciones de la mezcla se redujeron significativamente.
- Una mezcla recién elaborada sin importar si es de la copita Gustto o copita Miel inicia con un pH de 8.8, el pH permite determinar la existencia de la premezcla, El pH es un indicador robusto del estado de la mezcla, según las pruebas realizadas se determinó que los límites de seguridad para procesar la mezcla sin que esta corra el riesgo de fermentarse es 8.8 hasta 7.3, un pH de 7.3 es una señal de alarma ya que a partir de 7,3 el pH desciende de una manera abrupta lo que reduce el tiempo para tomar acciones correctivas, generando pérdidas de tiempo y producción.
- El instrumento con el cual se mide la viscosidad actualmente no es el más adecuado, ya que no tiene en cuenta propiedades reológicas de la mezcla, como que ésta tiene un comportamiento pseudoplástico el cual resulta imposible de evaluar con el cucharón con el que actualmente se hace la medición de la viscosidad.
- Las áreas de producción que actualmente representan un riesgo para la inocuidad de la mezcla son, el área de almacenamiento por el tiempo de retención que tiene la mezcla y el área de cocción por sus altas temperaturas, cercanas a los 43°C, etapas donde se debe monitorear el pH de la mezcla y la temperatura para asegurar la linealidad del proceso.
- El NaCl resulto ser un inhibidor eficaz del proceso fermentativo, como se puede observar en la gráfica donde la mezcla en blanco y la que contiene un 3% de la sal en peso con respecto a los sólidos, los dos inician en un valor de 8.8 al transcurrir 8 horas la mezcla sin NaCl tenía un pH de 6,5 lo que hace imposible si quiera considerar el procesamiento de esta, mientras que la mezcla con NaCl tenía un pH de 7,8 por lo que la mezcla aún se podía procesar. El blanco se acercó al límite del pH 7,3 al transcurrir 6 horas lo que indica el cambio tan abrupto que se da cuando el pH desciende a valores inferiores a 7,3

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la adquisición de un alveógrafo para realizar un control a las propiedades de la harina, propiedades como fuerza y tenacidad para con estas determinar las cantidades de las demás materias primas en la formulación
- Se recomienda el cambio de una harina de fuerza por una harina floja y de esta manera reformular cada galleta y disminuir los costos de producción y los reclamos de calidad a causa de las deformaciones que sufren las galletas a causa de las interacciones iónicas debido al exceso de proteína presente en la estructura de la galleta
- Se recomienda la elaboración de un POE (procesos operativos estándar) y la elaboración de un POES (procedimientos operativos estandarizados de sanitización) para mejorar el aseo de las superficies y equipos que actualmente no se realizan con éxito.
- Se recomienda la elaboración de un sistema de seguridad e inocuidad alimentaria de preferencia el sistema HACCP ya que esta tesis resulta ser un precedente para todos los requisitos que se necesitan a la hora de optar por una certificación de seguridad e inocuidad.
- La adición de un viscosímetro permite controlar de manera más estricta la elaboración de la mezcla al ser la viscosidad un robusto indicador de la proporción entre la harina y el agua.
- El cambio del medidor del sistema actual con el que se hace los ensayos de resistencia ya que la prueba actual, funciona más con una prueba de ruptura más no de resistencia.

BIBLIOGRAFÍA

ALIMENTARIA, DATOS BÁSICOS DE LA INDUSTRIA. (2015). La industria alimentaria.

ARISTIZÁBAL, J., SÁNCHEZ, T., & LORÍO, D. M. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma.

ARBOLEDA ZUÑIGA, J. y RUBIANO DEL CHIARO, F. M. (2017). Modelo propuesto para la implementación de la metodología smed en una empresa de alimentos.

ALMEYDA VILCHEZ, Jean Pierre. Aplicación de las buenas prácticas de almacenamiento para mejorar la productividad en el área de almacén de dispositivos médicos de la empresa Salud Integral Peruana SAC, Lima, 2018-I. 2018.

Área De Gestión Ambiental, documentación interna SOLUCIONES OMEGA.

BAILON, R. (01/MAY/2010). Informe final de investigación "fermentaciones industriales".

CANDELA, MARÍA DE LOS DESAMPARADOS EMBUENA. (2015). Evaluación De Los Cambios Estructurales De Galletas Elaboradas Con Sustitutos De Grasa.

CELAYA, C., et al. The HACCP system implementation in small businesses of Madrid's community. Food Control, 2007, vol. 18, no 10, p. 1314-1321.

CHEVERRY RIVEROS, L. F. (2015). Revisión de posibles soluciones al problema de variación en las características sensoriales de galletas tipo cracker.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICA Y CERTIFICACIÓN, Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2019. ISBN 9789588585673 153 p.

KIGOZI, J., BANADDA, N., BYARUHANGA, Y., KAAYA, A., & MUSOKE, L. (2014). Optimization of texture in sorghum ice cream cone production using sensory analysis. The Open Food Science Journal, 8(1).

LEE, I., KIM, M., LEE, J., SEO, W., JUNG, J., LEE, H., & PARK, Y. (1999). Influence of agitation speed on production of curdlan by agrobacterium species. Bioprocess Engineering, 20(4), 283-287.

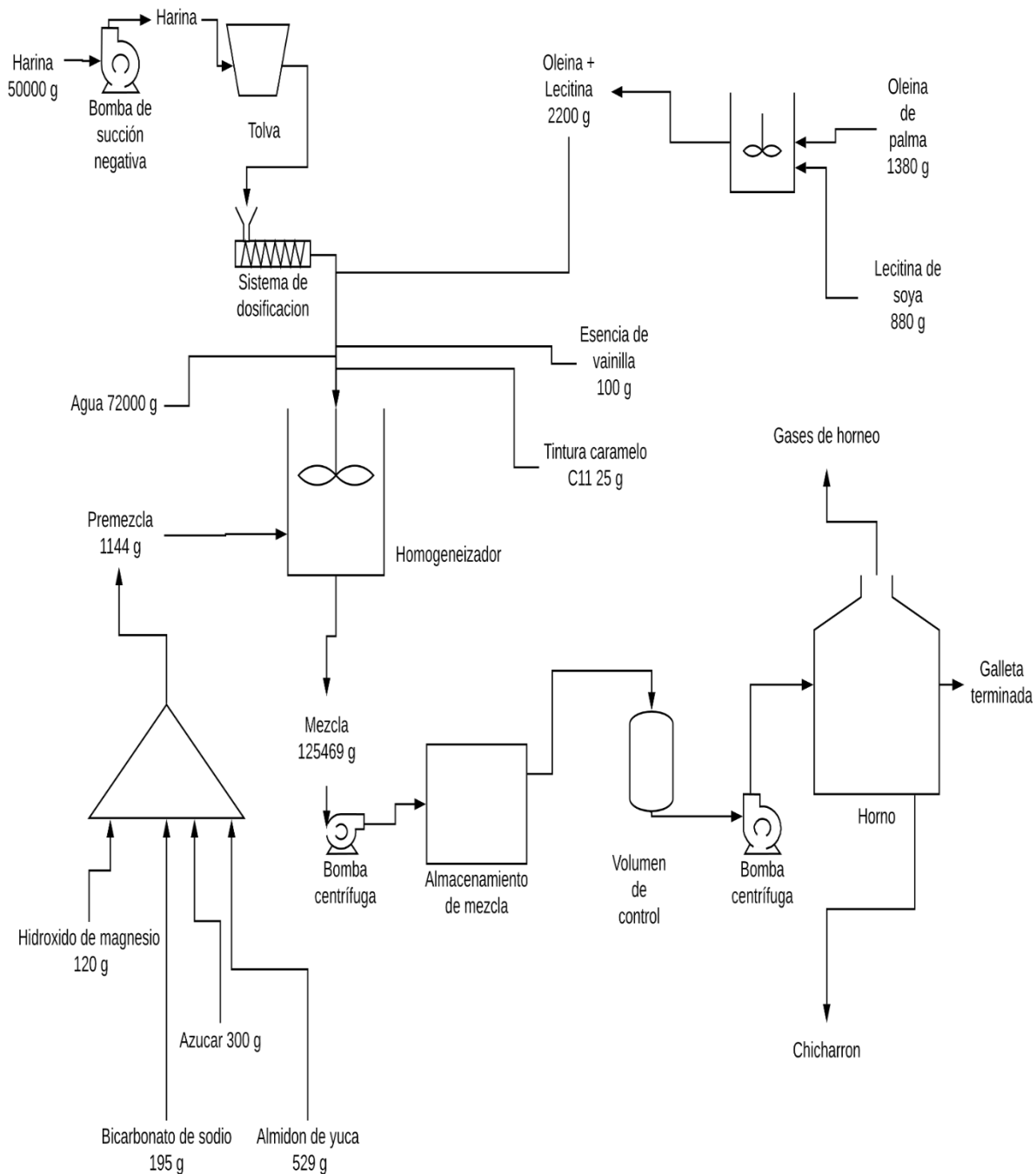
LELIEVELD, H. L., HOLAH, J., & NAPPER, D. (2014). Hygiene in food processing: Principles and practice Elsevier.

- NAVAS, J. (2006). Fundamentos de reología de alimentos.
- NORIEGA, J. E. R., GALLEGO, C. A. D., LÓPEZ, L. Á, & BONILLA, A. V. (2013). Perfil del sector manufacturero colombiano. *Magazín Empresarial*, 9(19), 49-61.
- OSBORNE, E. (2009). Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13(38), 27-32.
- PIERSON, Merle D. HACCP: principles and applications. Springer Science & Business Media, 2012.
- ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad Del Agua. Tercera edición. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009. p. 119. ISBN 9789588060.
- RAMOS de LA CRUZ, Tania Lizbeth. (2017). Textura y tiempo de vida de barquillos para helados.
- RIVEIRO, Lourdes Consuelo Quintáns. Reología de productos alimentarios. Univ Santiago de Compostela, 2009.
- RODRÍGUEZ SANDOVAL, E., FERNÁNDEZ QUINTERO, A., & AYALA APONTE, A. (2005). Reología y textura de masas: Aplicaciones en trigo y maíz. *Ingeniería E Investigación*, 25.
- RUBIRA MARTÍNEZ, JUANA. Efecto de la humedad relativa y del almacenamiento en los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de un producto extruido de harina de maíz y chontaduro (*Bactris gasipaes* HBK). 2018. Tesis Doctoral. Santiago de Cali. *Revista De Investigación*, 10(2), 103-117. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6540>
- VALENCIA VALENCIA, Marleny Elizabeth. Diseño y control automático de tanque de almacenamiento de crudo de petróleo para una refinería. 2019.

ANEXOS

ANEXO A DIAGRAMA DE PROCESO DE ELABORACIÓN DE CONOS MOLDEADOS

Figura 29. Elaboración copita Gustto.



Fuente: elaboración propia

ANEXO B
COSTO DE ELABORACION DE MEZCLA

Tabla 8. Costos de la materia prima por gramo

PRODUCTO	\$/g año 2018
HARINA DE TRIGO	1,4
HARINA DE CENTENO	3,8
HARINA DE QUINUA	8,4
SALVADO DE TRIGO	0,65
BICARBONATO DE SODIO	2,05
HIDROXIDO DE MAGNESIO	12,8
ALMIDON DE YUCA MODIFICADO	4,2
AZÚCAR	1,8
OLEINA	4,71
LECITINA DE SOYA	4,5
COCOA	13
TINTURA C11	4,2
ESENCIA DE CHOCOLATE	39,47
ESENCIA DE VAINILLA	32,36
ESENCIA DE CAMELO	72
TINTURA VERDE MENTA	3
ESENCIA DE FRESA	51,98
TINTURA ROJA P 100	4,8
TINTURA CNE	4,9

Fuente: elaboración propia