



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

TESIS:

**“ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA HOMOLOGACIÓN DE
LAS CONDICIONES DE FERMENTACIÓN Y HORNEO; EN
GALLETAS SALADAS TIPO CRACKER”**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA:

TZITZIN ANAYANTZIN ESCOBAR HERNÁNDEZ



MÉXICO D.F.

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PRESIDENTE: I.Q. FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS
VOCAL: M. en C. LUCÍA CORNEJO BARRERA
SECRETARIO: Q.F.B. MA. LOURDES OSNAYA SUÁREZ
1er. SUPLENTE: Q.A. FABIOLA GONZÁLEZ OLGÍN
2do. SUPLENTE: Q.A. ROSA ELENA GÓMEZ-HARO ACEVES

SITIO DONDE SE DESARROLLA EL TEMA:

**LABORATORIO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD,
PLANTA # 60 GALLETAS LARA, GRUPO BIMBO S.A. DE C.V**

ASESOR DEL TEMA:

I.Q. FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS

SUSTENTANTE:

TZITZIN ANAYANTZIN ESCOBAR HERNÁNDEZ

Dedicado a mi madre, SOFÍA:

***Gracias por darme la vida, por enseñarme a trazar mi propia línea entre el bien y el mal,
por regalarme libertad de elección, por ser mi guía siempre estoica***

AGRADECIMIENTOS

*A mis abuelos; Antonio y Ramona
A mis tías; Margarita, Lucina y Alejandra
A toda mi familia presente y ausente, gracias por todo su cariño y apoyo*

*A cada una de las personas que compartieron conmigo estos tiempos inolvidables e
irrepetibles, especialmente a Julieta y Vladimir
A Hugo Cruces por estar aquí y ahora*

*A mi profesor Federico Galdeano,
por su apoyo incondicional, motivación y dirección en este proyecto*

ÍNDICE

	CONTENIDO	PÁG.
1.	Introducción	7
2.	Objetivos	9
2.1	Generales	9
2.2	Particulares	9
3.	Antecedentes	10
3.1	Historia	10
3.2	Definición de galleta	12
3.3.	Clasificación de las galletas	14
3.3.1	Tipos de masas	15
3.3.1.1	Masas duras	16
3.3.1.2	Masas cortas	16
3.3.2	Tipos de moldeo	16
3.3.2.1	Moldeo rotatorio	16
3.3.2.2	Máquina cortadora	17
3.3.2.3	Corte con alambre	17
3.3.2.4	Obleas	18
3.4	Galletas tipo cracker	18
3.4.1	Galletas saladas	19
3.4.2	Galletas saladas cracker	21
3.4.3	Galletas saladas tipo cracker proyecto	21
3.5	Ingredientes	22
3.5.1	Harina de trigo	22
3.5.1.1	Harina de trigo blando	23
3.5.2	Grasa	24
3.5.3	Agua	24
3.5.4	Levadura	25
3.5.5	Azúcar	26

3.5.6	Ingredientes menores	27
3.5.6.1	Sal	27
3.5.6.2	Bicarbonato de sodio	27
3.5.6.3	Dióxido de sulfuro y sus sales	28
3.5.6.4	Emulsificantes	28
3.6	Proceso de elaboración	29
3.6.1	Incorporación de ingredientes y amasado	29
3.6.1.1	Tipos de amasadoras	32
3.6.2	Fermentación	36
3.6.2.1	Proceso tradicional	36
3.6.2.2	Método de masa esponjosa	37
3.6.2.3	Esponjamiento químico	39
3.6.2.4	Fermentación galleta proyecto	42
3.6.3	Laminado y corte	44
3.6.4	Horneo	46
3.6.4.1	Cocción	47
3.6.4.2	Horneado galleta proyecto	50
3.6.4.3	Condiciones de los hornos	51
3.6.5	Enfriamiento y manipulación	53
3.6.6	Empaquetado	55
4.	Metodología	56
4.1	Etapa I: Delimitación del problema	57
4.1.1	Factores ambientales	59
4.2	Etapa II: Trabajo en Plantas productoras	61
4.2.1	Observación y recopilación de datos	61
4.2.2	Análisis de datos	61
4.2.3	Pruebas de estandarización	62
4.3	Actividades complementarias	62
5.	Resultados y discusión	64
6.	Conclusiones	79
7.	Bibliografía	80
	Apéndice A	82

1. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios en 1945, la empresa panificadora y galletera se ha caracterizado por la vocación de servir a sus clientes y consumidores, así como por la calidad y frescura de los productos. Ahora ante un mundo globalizado y competitivo, es de interés fungir como una compañía global, moderna y de vanguardia (www.grupobimbo.com.mx). Manejando el importante ramo de la galletería, siendo líder en el mercado y posicionando productos como galletas dulces, galletas saladas, entre otras.

Debido al extenso mercado que representa el pueblo mexicano, una sola planta no es suficiente para cubrir las necesidades de los consumidores, es por eso que las actividades de producción y distribución están confinados en varios puntos del territorio nacional que comprenden diferentes plantas del Grupo, entre las que se encuentran: Planta Galletera 1, Ciudad de México; Planta Galletera 2, Villahermosa Tabasco; Planta Galletera 3, Guadalajara Jalisco. Dando respuesta a la demanda a nivel nacional.

A pesar de que las formulaciones y condiciones de proceso de manufactura se encuentran estandarizados y regidos por lineamientos internos del grupo, como lo son: auditorías, sistemas de control electrónico, revisión por parte del personal interno y externo de la planta, un sistema interdisciplinario (en donde intervienen recepción y almacenamiento de materias primas, producción, aseguramiento de calidad, despacho y logística de distribución por los diferentes canales de ventas); los productos terminados presentan entre sí variaciones que se encuentran fuera de las especificaciones definidas por el Grupo.

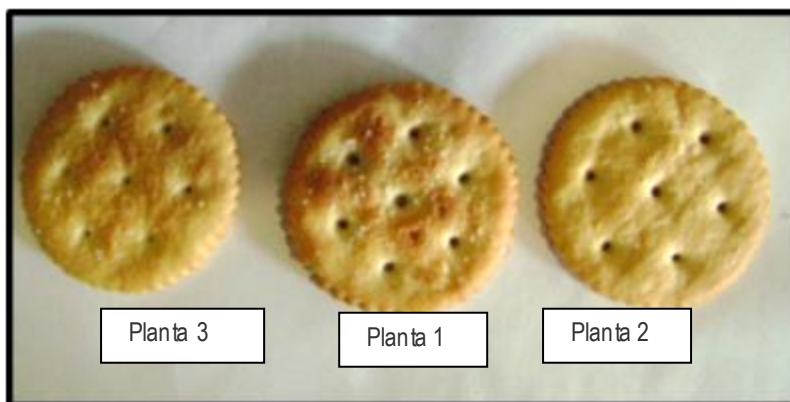


Imagen1. Producto terminado de las Plantas productoras

Por consiguiente, se ha emprendido un proyecto a nivel nacional en las Plantas involucradas, denominado: “Estudio Preliminar para la *Homologación de las condiciones de Fermentación y Homeo; en galletas saladas tipo cracker*”, el cual cuenta con el apoyo de los Gerentes de las Plantas, Jefes de Producción, Supervisores de Producción, Aseguramiento de Calidad, Proveedores y todo el personal que trabaja en la elaboración de estos productos; teniendo como objetivo principal en una primera etapa del proyecto, encontrar e identificar las diferencias que existen en las etapas críticas del proceso y operación que impiden tener productos uniformes en la calidad y presentación al consumidor, y como objetivo final en una segunda etapa, que el consumidor encuentre en cualquier región del país, en cada uno de nuestros productos, la calidad que los identifica y con las características que los hicieron posicionarse en el mercado. Siendo la Planta Galletera 1, un pilar y líder en la producción de estos productos (Imagen 1).

2. OBJETIVOS

2.1 General

i) Encontrar las diferencias que existen en las condiciones de operación en fermentación y horneado que propician diferencias en la apariencia del producto terminado afectando la calidad de la galleta.

2.2 Particulares

i) Detectar y corregir las malas prácticas de manufactura en las operaciones unitarias del proceso críticas, como lo son la fermentación y el horneado para obtener un producto terminado de calidad similar a la referencia, elaborado en Planta Galletera 1.

ii) Llevar a cabo una revisión visual de la infraestructura y maquinaria con el fin de identificar posibles desviaciones en las condiciones de operación dentro del proceso en la elaboración de la galleta.

iii) Realizar un monitoreo semanal de las condiciones de operación de la fermentación y horneado, para estandarizar la medición y control de las diferentes variables que las afectan.

iv) Realizar pruebas de acuerdo a los valores estándar de la Planta Galletera 1 usada como referencia de calidad.

3. ANTECEDENTES

3.1 Historia

La fabricación de galletas constituye un sector sustancial de la industria alimentaria. Se encuentra arraigada en todos los países industrializados y en rápida expansión en las zonas del mundo en desarrollo. La principal atracción de la galletería es la gran variedad posible de tipos. Son alimentos convenientemente nutritivos con gran margen de conservación. (Duncan, 1989)

Forzosamente para cualquier persona interesada en conocer la evolución de los cereales, pasando por el proceso de molturación, panificación y sus ramas generadas como la galletería, hasta llegar al día de hoy es imprescindible situarse a muchos miles de años atrás.

Los cereales y más concretamente el trigo tuvo una lenta evolución junto con el hombre desde que éste vivía en las cavernas en la Edad de Piedra, pasando por la época paleolítica donde parece ser que ya había una mezcla de agua con trigo molturado, lo que pudo ser el comienzo del pan actual. A la vez el cultivo del trigo y la posterior molienda, probablemente sean las ocupaciones humanas más antiguas (Calaveras, 2004).

El trigo y en general todos los cereales forman la principal base alimenticia en nuestros días y dentro de la base económica es un producto que mueve muchísimo dinero, llegando incluso a ser la principal fuente de ingreso de algunos países, considerándolo durante todos los procesos hasta llegar a ser pan y sus derivados.

La antigüedad de los cereales aún no se ha podido encajar en un periodo concreto de la humanidad, pero se han encontrado semillas de trigo en tumbas del antiguo Egipto, (vestigios fechados aproximadamente 1200 años a.C.). En Mesopotamia el trigo que se conocía puede clasificarse botánicamente entre el trigo actual y mezcla de trigo silvestre que existía en aquel entonces (Serna, 2001).

Existen testimonios de que los asirios elaboraban galletas en recipientes de barro y a su alrededor colocaban brasas o piedras calientes. En el antiguo Egipto se elaboraban unas galletas llamadas Shayt, representadas en las pinturas encontradas en la tumba de Rekhmire en Tebas. En Grecia se elaboraba el Dipyre que era un pan que se cocía dos veces y en Roma la galleta se vuelve un alimento popular de las legiones romanas. Durante la Edad Media es muy común el consumo de galletas como pasa bocas o bocadillos y para acompañar licores. (Wikipedia, 2009)

El trigo es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*; son plantas anuales de la familia de las gramíneas. La palabra trigo proviene del vocablo latino *triticum*, que significa quebrado, triturado o trillado, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre. (Wikipedia, 2009)

Se conocen en nuestros días numerosas clases de trigo, y se llega hablar de 15 000 o 20 000 variedades, sin embargo son cifras difíciles de determinar. Los países con la mayor producción de trigo son Estados Unidos, Canadá, Rusia y la India.

Un proceso paralelo fue la molienda, inicialmente se realizaba entre dos piedras donde se obtenía una harina totalmente oscura, aquí no existía ninguna separación de las capas de trigo, siendo incluso granos aplastados. Todo ello evolucionó cuando los romanos introdujeron los molinos de piedras circulares tirados por esclavos y animales.

Los cambios importantes surgen a la vez con la Revolución Industrial donde los molineros cambian sus telas de lana por un cernido en tela de seda donde se obtienen harinas de mayor calidad. A su vez el trigo pasó de ser aplastado a ser molido simplemente por la fuerza del peso.

Hoy las vertientes de producción han cambiado mucho y alrededor de la producción harinera se han abierto campos en la alimentación, como son las galletas, alimentos para desayuno, precocinados, etc. (Calaveras, 2004).

3.2 Definición de Galleta

El término *Galleta* deriva del francés *galette*, que significa torta en español. Se define como una pasta compuesta de ingredientes tales como la harina, azúcar, manteca o confituras diversas, que es dividida en trozos pequeños y moldeados en formas varias, también llamado pan sin levadura (Española, 2005).

En general son productos confeccionados con trigo blando que se caracterizan por su receta rica en azúcar, anti aglutinante y relativamente poca cantidad de agua. La diversidad de estos productos es muy amplia; varían no solamente en la formulación, sino en el procedimiento de fabricación. Además hay una serie de productos que no encajan en nuestra definición de galletas, y no obstante se llaman así porque no encajan en ningún otra parte (Hosenev, 1991).

A lo largo del mundo no hay un término homogéneo para nombrarlas y tomando en cuenta todas sus características y la amplia gama que existe de ellas, es difícil generalizar.

En Europa, específicamente el Reino Unido se utiliza la palabra *Biscuit*¹ para nombrarlas. Término derivado del Latín *bis coctus* o del Francés antiguo *bescoit* (Concise Oxford Dictionary, 1975) y significa, cocer por los dos lados, haciendo referencia a las primeras prácticas de cocción de éste producto en una banda caliente y posteriormente el paso por una banda fría para completar la elaboración. Estas dos etapas del proceso fueron abandonadas en general en el siglo XVIII (Wilson, 1984).

Por el contrario los productos conocidos como *Biscuits* en el Reino Unido son llamados *Cookies and Crackers* en USA. Mientras que en Norte América el término *Biscuit* es usado para describir un producto tipo pan o bollo esponjado químicamente (levadura artificial). La palabra *Cookie* es derivada del holandés *koekje*, (Dictionary, 1975) entiéndase por su significado en español *pequeño pastel*, aunque no con la misma connotación. *Crackers* fueron nombrados probablemente por el sonido o cracking (significados en español *quebrar*), que provocaban al momento de comerlas (Canh, 1969).

Una de las características que aporta a su definición es que las *Galletas* difieren de otros productos de este cereal como pan y pasteles por tener un bajo contenido de humedad (Tabla 1). Este bajo contenido de humedad asegura que las galletas generalmente estén libres de crecimiento microbiano y confiere larga vida a los productos junto con un buen empaque que los proteja de los efectos del medio ambiente. Por ésta razón poseen alta densidad y por lo tanto, concentran una fuente de alta energía en comparación con otros panes (Wade, 1988). Además de requerir harina de trigo blando, la mayoría de estos productos coinciden en que son esponjados químicamente. En algunas recetas pueden intervenir pequeñas cantidades de levadura, pero en su gran mayoría el esponjamiento es producido por aire o por productos de una reacción química.

¹ Según algunos autores, haciendo un intento por homologar términos, *Biscuit* es usado como termino genérico, e incluye *Biscuits, cookies and crackers*. Lo que en la lengua de habla hispana se llama *Galleta*.

Tabla 1. Contenido aproximado de humedad de algunos productos de harina de trigo (Wade, 1988)

Producto	Contenido de humedad (%)
<i>Pan</i>	35-49
<i>Pasteles</i>	15-30
<i>Galletas</i>	1-5

La buena calidad de las galletas se puede resumir en dos términos. Primero está el tamaño de la galleta (anchura, altura); en segundo lugar, la textura o bocado, las galletas de buena calidad deben tener un bocado tierno. El bocado tierno que asociamos con las galletas de buena calidad, es producido por dos factores principales: el uso de grasa o anti aglutinante (“shortening” como se suele llamar), que induce al producto a fragmentarse con facilidad; el segundo factor es la harina, generalmente la harina buena de trigo blando, da productos con bocado tierno (Hoseney, 1991). Más adelante se menciona el efecto de estos factores sobre la producción de la galleta.

Si las galletas se expanden mucho al colocarse en el empaque éstas podrán sufrir fracturas; si la expansión es demasiado pequeña, entonces la presentación puede ser un problema.

3.3 Clasificación de las galletas

Existen dos principales clasificaciones para las galletas. Una de éstas es diferenciar los tipos de masas que se utilizan para la elaboración y a partir de ahí generar un criterio que nos permita distinguirlas, ésta clasificación se maneja en Reino Unido, Tabla 2 comparación de las dos clasificaciones. La segunda forma de clasificación de galletas es por la manera de colocar la masa sobre la cinta transportadora del horno, es

decir, la manera de dar forma a la pieza de la galleta (tipos de moldeo), manejada comúnmente en América del Norte (Hosenev, 1991).

Tabla 2². Biscuits, cookies and crackers –UK versus USA terminology (Wade, 1988)

UK terminology	USA terminology
Doughs:	
Hard doughs	Cutting machine doughs
Cracker doughs	Cracker doughs
Hard sweet doughs	Hot doughs
Short doughs	Rotary doughs
Soft doughs	Wire-cut/rout-or bar-press doughs.
Products:	
Crackers	} Crackers
Semi-sweet biscuits	
Sweet biscuits	Rotary cookies
	Wire-cut/rout-or bar-press doughs.
Ginger snaps, etc.	Sugar-snap cookies
General:	
Recipe	Formula
Fat	Shortening

3.3.1 Tipos de masas

La importancia de las propiedades de las masas es su consistencia, la habilidad para jugar de manera que se pueda adecuar a la maquinaria y a la obtención de un producto con las propiedades sensoriales que se desea. En general para todas las masas la proporción de harina de trigo, grasa y azúcar se podrían considerar constantes; pero la cantidad de agua añadida, el tiempo de manipulación son los responsables de los cambios que se pueden generar en los ingredientes, principalmente en la harina de trigo.

Hay dos tipos de masas, se conocen en el Reino Unido por masas duras o hard doughs y masas cortas o short doughs (Wade, 1988).

² Los conceptos correspondientes a la Tabla 2 se muestran en su idioma original, debido a que los términos tienen un significado con connotación propia, la cual perdería sentido en su traducción al idioma español.

3.3.1.1 Masas duras

Las masas duras son relativamente parecidas a las masas para pan, pero su consistencia es mucho más rígida. La masa para pan muestra propiedades visco elásticas que son conferidas por el gluten, formado por las proteínas presentes del trigo y generado durante el trabajo en el amasado propio del proceso (Wade, 1988). El producto al que se refiere este proyecto entra en la clasificación de las masas duras.

3.3.2.1 Masas cortas

Las masas cortas para galletas son formulaciones parecidas para los *cakes* o pasteles pero contienen mucho menos agua. Tienen una consistencia que puede ser comparada con la arena húmeda, puesto que se pegan bajo presión y tienen pequeñas fracturas. En este tipo de masas no es necesario mezclar para desarrollar las redes del gluten.

3.3.2 Tipos de moldeo

Ésta clasificación es usada en América del Norte y nos permite dividir éstos atributos en 4 tipos generales, en base a los métodos de proceso de las masas.

3.3.2.1 Moldeo rotatorio

Para este tipo de galletas se comprime la masa contra los moldes en un rodillo rotatorio. Cuando el rodillo completa media vuelta, se extrae la masa de la cavidad y se coloca sobre la cinta para cocción. La consistencia de la masa debe ser tal que se llene la cavidad sin que queden huecos y pueda ser extraída del molde sin distorsión. Durante la cocción, la galleta no deberá aumentar de volumen ni desparramarse; cualquier movimiento distorsionaría cualquier dibujo estampado en la pieza.

Las recetas para las galletas de moldeo rotatorio se caracterizan por los niveles bastante altos de azúcar y de anti aglutinantes, además de bajas cantidades de agua (<20% del peso de la harina incluyendo la humedad de ésta). La masa típica es desmenuzable, apelmazada y firme, prácticamente sin elasticidad. Durante el amasado no debe desarrollarse gluten. Gran parte de la cohesividad de este tipo de masa proviene de la plasticidad del anti aglutinante utilizado.

Además estos productos son de producción económica. Se añade poca cantidad de agua a la masa y por lo tanto es necesaria poca energía para eliminarla. Generalmente se elige el moldeo rotatorio cuando se puede fabricar así el artículo deseado. Las galletas tipo oreo son ejemplos típicos de esta clasificación.

3.3.2.2 Máquina cortadora

El procedimiento para este tipo de galleta incluye, a la vez, corte rotatorio y estampado de la masa. La masa llega en forma de lámina continua y se cortan de ellas las piezas. La receta contiene mucha más agua que la indicada en las recetas de moldeo rotatorio. La riqueza de azúcar es relativamente baja para los niveles de las galletas. Como hay que hacer lámina con la masa, este sistema desarrolla el gluten.

3.3.2.3 Corte con alambre

Se extruye una masa relativamente blanda a través de un orificio y se corta al llegar al tamaño, generalmente por un alambre. La masa debe tener la cohesión suficiente para mantenerse unida, y no muestre resistencia al corte separándose limpiamente. Una receta típica, basada en el peso de la harina puede contener 50% de azúcar, 30% de anti-aglutinante y hasta 15% de huevo. Los mecanismos de corte por alambre, pueden trabajar para muchas masas y se puede hacer gran variedad de productos. Las galletas de corte por alambre, aumentan de volumen y se esparcen al cocer, el tamaño final de la pieza es determinado por la receta y por la harina utilizada (Hoseney, 1991).

3.3.2.4 Obleas

Este tipo no encaja verdaderamente en la definición de galletas, pero tampoco encaja en ninguna otra parte. En ésta clasificación se encuentran los conos para helado y obleas con dulce que difieren de la definición de galleta.

3.4 Galletas tipo cracker

La definición de cracker³ es muy amplia, ya que hay una gran variedad de ellas. Siguiendo la terminología y la clasificación, se entiende que este tipo de galletas llamadas cracker engloba una serie de características propias, además su fabricación es por elaboración de masas duras, su proceso implica un corte rotatorio la mayoría de las veces, a través de la formación de láminas. En general, las crackers contienen poco o nada de azúcar con niveles de grasa entre moderados y altos (10-20%). El agente esponjante es: vapor de agua, o levadura artificial (Hoseney, 1991).

Las mejores crackers son hechas con masas fermentadas, en USA son llamadas *soda cracker* o *saltines*. En Reino Unido el producto correspondiente son las *cream crackers*. Aunque muchas difieren en apariencia y en la calidad del sabor, han nacido del producto original hecho por medio de esponja y un proceso de fermentación que requiere más de 24 horas en total. Las soda cracker son conocidas en América antes de 1840; Nabisco lo escogió como primer producto para ser distribuido nacionalmente, lanzado en 1899 (Canh, 1969). Cream cracker fue desarrollado por la firma de *W. & R. Jacob and Co. Ltd.* de Dublín y lanzado al mercado en 1885. En el proceso de creación de la nueva cracker por los ingleses

³ Recordemos que la denominación con este término está ligado a la clasificación dada por el tipo de masa descrito en la Tabla 2.

fue debido a la influencia de la popularidad que gozaba la soda cracker en el momento que G.N. Jacob observó en su visita a América en 1884 (Anon, 1966).

Dentro de las galletas cracker se encuentran diferentes variedades como: galletas saladas, galletas saladas cracker y galletas saladas tipo cracker que trata este proyecto.

3.4.1 Galletas Saladas

Las galletas saladas se distinguen por su largo periodo de fermentación y su estructura particularmente ligera y escamosa, se fabrican por el método de esponja y masa con una receta similar a la de la Tabla 3. La fermentación de la esponja suele durar unas 16 horas. Durante ésta fermentación el pH baja desde 6.0 a 4.0. Para obtener esta caída de pH, se suele utilizar un *inoculum*. Este *inoculum* en la industria suele llamarse buffer y normalmente es una esponja antigua.

Tabla 3. Receta típica de Cracker saladas^{4 5} (Hoseney, 1991)

Ingredientes	Esponja (%)	Masa (%)
Harina	65	35
Agua	25	---
Levadura	0.4	---
Grasa	---	11
Sal	---	1.8
Sosa	---	0.45

Durante la fermentación se modifica la masa haciéndose menos elástica. La harina contiene una enzima proteolítica con pH óptimo de 4.1. Se cree que es importante para la formación de la esponja, sin embargo hay que tomar en cuenta que la esponja se forma en las primeras 5 horas de la fermentación y esto puede ser solo un factor más.

⁴ Ingredientes basados en el peso de la harina.

⁵ Suele añadirse un buffer a la esponja para inocular el sistema.

Después de la fermentación, se mezcla la esponja con los demás ingredientes y con la harina para la masa. Incluidos en los demás ingredientes ésta la suficiente cantidad de bicarbonato sódico para elevar el pH, las saladas cocidas deben tener un pH de 7.2 aproximadamente.

Después la masa queda lista para ser procesada 24 horas después de haber iniciado la esponja. Se estratifica la masa en ocho capas de 0.3 cm cada una, tras lo cual se pasa por rodillos que reducen el espesor desde 2.5 cm hasta 0.30 cm. Esto se realiza en una serie de pasos con vuelta incluida para que la masa se lamine en ambas direcciones y se fortalezca igualmente. Tras las laminaciones se corta y se perfora la masa. El corte suele hacerse de forma rotatoria cortando a la cracker individualmente a su tamaño, pero dejando juntas las piezas en la misma lámina. La perforación se hace con agujas de perforación que tienen la punta de 0.15 cm. La perforación tiene por objeto pinzar las capas de la masa para que no se separen. Tras la perforación se salan (aproximadamente 2.5% del peso de la masa) y a continuación se cuecen. Los hornos típicos tienen una longitud de 30 m por un metro de anchura. La superficie de cocción es una banda de malla para que pueda salir la humedad por la parte inferior de la cracker, de lo contrario la cracker se ahuecaría. A la salida del horno se añade el decorado con aceite por medio de un aspersor, lo cual le da sabor, color y brillo. Las galletas son posteriormente depositadas en empaques que protegen al producto de la humedad ambiental.

El tiempo de cocción suele ser de 2.5 min. a unos 230°C. El rápido calentamiento vaporiza el agua mientras está todavía en el interior de la masa y esponja la cracker. El calentamiento más lento conduciría a la pérdida de agua de la superficie, pero sin esponjamiento. Después de cocer, se enfrían cuidadosamente para que no se formen cuarteaduras. Se hace una separación mecánica de las cracker individuales de la lámina en que estaban, y se empaquetan. Su estructura y apariencia se debe en gran parte al bajo contenido de humedad al salir del horno (Hoseney, 1991).

3.4.2 Galleta saladas cracker

La receta de estas cracker no varía mucho comparadas con las galletas saladas. En general, contienen más grasa y saborizantes. No suelen tener levadura y no se les deja tiempo para fermentar. Su esponjamiento es de tipo químico. Las masas se preparan mezclando todos los componentes de una vez, se deja un periodo de reposo, se extienden, se laminan y luego se cortan y perforan. El corte se suele hacer con formas más particulares que las encontradas en las saladas y ello da lugar a más masa de recortes que debe ser incorporada posteriormente a otras masas. En general, la estructura de las crackers es más pesada que la de las saladas, pueden ser en presentación snack o no. (Hoseney, 1991)

3.4.3 Galletas saladas tipo cracker proyecto

Una vez mencionadas los dos tipos principales de galletas saladas de los que se derivan una serie de productos tan variados, resultado de la combinación de formas, sabores, tamaños y presentación. Definiendo el producto de interés en el cual se basa este trabajo como una combinación de galleta salada y galleta salada tipo cracker (no olvidando que la definición de ambas implica la denominación *tipo cracker*). Ya que es una combinación de ambas descripciones en composición y proceso. Porque si bien cumplen con la fórmula básica de las galletas saladas, también contienen un extra de saborizantes que les confiere un sabor característico (suero de queso y aceite copral) sin llegar a la clasificación de snack⁶. Sin embargo, a pesar de que pueden ser consumidas a manera de solo bocadillo, son diseñadas para acompañar una serie de alimentos característicos; tales como mariscos, quesos, carnes frías, etc. Tomando en cuenta que no son tan sobrias en sabor como las galletas saladas, presentan una variedad más ante los consumidores.

⁶ Término característico de la industria para describir este tipo de galletas. Entiéndase por su significado en español como bocadillo (Lexus, 2006).

3.5. Ingredientes

Para la manufactura de la galletería intervienen varias etapas de producción como: selección de ingredientes, pre-mezcla de ingredientes, amasado, fermentación, laminado-troquelado, horneado, enfriamiento y por último el empaque.

Los principales ingredientes mayoritarios y comunes para la elaboración en general de cualquier tipo de galleta son harina de trigo, grasa, azúcar. En la elaboración de las galletas saladas tipo cracker⁷ son llamados ingredientes mayores, e incorporados conforme se requieran en el proceso. Sin embargo, existen otros ingredientes igualmente comunes pero son agregados de manera específica en cierto punto de la preparación y requieren de una etapa previa de preparación antes de ser incorporados a la mezcla total.

A continuación se mencionan los ingredientes que se consideran importantes en la elaboración de las galletas saladas tipo cracker y que tienen una función esencial (generalmente en una etapa del proceso) para que el producto obtenga las características esperadas.

3.5.1 Harina de trigo

Es el ingrediente más importante, su calidad afecta la funcionalidad y características del producto terminado lo cual está en función del contenido de proteína y/o fuerza del gluten.

La harina es obtenida a partir de las semillas del trigo, en un proceso que de manera general separa el endospermo o almidón de las otras partes componentes, pericarpio o cascarilla y el germen (Imagen 2). Subsecuentemente el endospermo solo es reducido en tamaño hasta llegar a ser tan fino como se conoce

⁷ Así se habrán de nombrar cuando se refiera al producto de este proyecto. Tomando en cuenta el contexto que lleva a su definición.

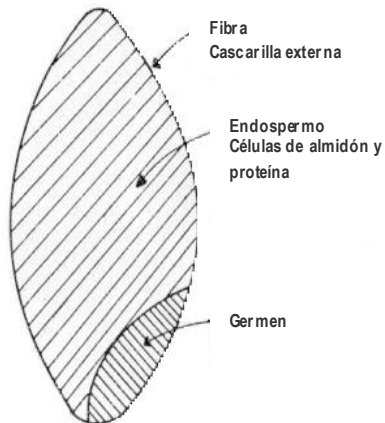


Imagen 2. Diagrama simplificado de las partes del grano de trigo. (Wade, 1988)

la textura de la harina (proceso de molienda). Así se obtiene la harina que de manera general está compuesta de gránulos de almidón libres y algunos fragmentos de proteína.

Las proteínas, es lo que le confiere propiedades importantes durante el proceso de elaboración siendo un sistema complejo, principalmente compuesto por gluteínas y gliadinas llamado coloquialmente el *gluten* del trigo.

El almidón, uno de los componentes más importantes de la harina juega un papel importante en la estructura de las masas para galletas. El almidón junto con las proteínas, absorbe agua durante el proceso de amasado. Los gránulos de almidón dañado durante la molturación absorben más agua que los granos que quedan intactos.

3.5.1.1 Harinas de trigo blando

La diversidad de los productos confeccionados con harina de trigo blando es verdaderamente sorprendente, a diferencia de la harina de trigo duro que se utiliza principalmente el pan, pastas y otros productos menos importantes. Los trigos duros son, como su nombre lo indica, de naturaleza dura. Por lo tanto, se necesita más trabajo para reducir el trigo al tamaño de partícula fina. Como consecuencia de ese

trabajo, hay mayor porcentaje de almidón lesionado durante la molturación. Las cantidades mayores de almidón lesionado, se suele considerar como un factor negativo, particularmente en las harinas para galletas (Calaveras, 2004).

El trigo blando no tiene una utilización principal. Entre los productos hechos con harina de trigo blando se pueden encontrar las galletas (con la amplia gama que esto implica). Sin embargo, hay mucha variación dentro de cada uno de esos grupos. (Hoseney, 1991).

Entiéndase por trigo blando a las variedades de la especie *Triticum aestivum* cultivadas con el propósito de obtener un grano apto para la elaboración de harinas con destino a la fabricación de productos específicos, tales como galletas, pastelería en general, donas, o productos relacionados, etc. Estos trigos responden esencialmente a mercadería con valores de contenido proteínico inferior a 10% (wikipedia, 2009).

3.5.2 Grasa

Actúa como agente lubricante mejorando la textura del producto, interfiere con el proceso de retrogradación del almidón. Hace manejable la masa (Saldivar & Sergio, 2001). También reduce la cantidad de agua añadida para lograr la consistencia deseada y que el producto final se haga más comestible, aporta textura. Su origen puede ser animal, marino o vegetal y su elección está gobernada principalmente por el precio y la viabilidad de ésta. Las masas de galletas saladas tipo cracker contienen más del 20% de grasa en base harina⁸.

3.5.3 Agua

El agua es requerida para mezclar, solubilizar ingredientes, activa la levadura y enzimas de la malta, y funciona como hidrante para el almidón. Su adición está en función del tipo de proceso y para su adición se

⁸ El cálculo en base harina o base panadera se realiza tomando en cuenta la cantidad de harina de trigo como el 100%.

necesita conocer el contenido de humedad de la harina de trigo (aproximadamente 14% en peso). La manipulación de la adición de agua juega un papel importante para la elaboración de galletas. Es muy importante controlar la cantidad añadida durante el proceso de manufactura, especialmente antes de introducir las piezas al horno, debido a que un exceso de este material puede interferir con las propiedades deseadas del producto en cualquiera de sus etapas, además de representar un gasto mayor de energía en su eliminación. También se debe tomar en cuenta el efecto que tiene el azúcar en mezcla con el agua y lo que produce en la reología de las masas.

Una pequeña evidencia de sales minerales en la composición del agua que se presenta de manera natural, puede tener efectos significativos en las propiedades de las masas. Para la adición de los ingredientes menores a las masas el agua deberá tener un peso específico de 1.0 y controlar la temperatura, ya que puede ser significativa para la funcionalidad de algunos ingredientes (Wade, 1988).

3.5.4 Levadura (*Saccharomyces cereviceae*)

Agente fermentador. Son organismos quimiosintéticos unicelulares, ovales, nucleados e inmóviles que se reproducen vegetativamente o por formación de yemas. La levadura fermenta los azúcares sencillos (glucosa, fructosa, manosa y galactosa) en etanol, bióxido de carbono y energía. Los productos intermedios de la fermentación alcohólica de los azúcares son los que dan el sabor típico de los productos. La composición química de la levadura fresca es 70% agua, 13.5% proteína, 12% de hidratos de carbono solubles, 2% de cenizas, 1.1 % de grasa y 1.5% de celulosa.

La levadura desdobra los monosacáridos, disacáridos y trisacáridos para producir ácidos orgánicos (acético, butírico, láctico, succínico) responsables de bajar el pH, otros compuestos saborizantes como los aldehídos y cetonas (acetaldehído, formaldehído, propionaldehído, isobutaldehído, metil-etil cetona,

isovaleraldehído, 2 metil butanol, etc.) etanol y gas CO₂. La mayoría del gas generado es atrapado por la red elástica del gluten teniendo acción leudante (Serna, 2001).

Se debe evitar tener contacto de este material en soluciones salinas al 2% y de azúcar al 5%, ya que puede matar a las células.

El metabolismo de la levadura es útil, sobre todo por la acción externa de dos enzimas: invertasa que desdobla la sacarosa en dextrosa y fructosa y el complejo zimasa que convierte los azúcares inferiores en alcohol etílico y anhídrido carbónico, en ausencia de oxígeno. Como ocurre con otras enzimas las reacciones son muy sensibles a la temperatura. La levadura producirá tres veces más cantidad de gas a 30°C que a 20°C, pero la temperatura máxima de fermentación, deberá ser de 38°C, la levadura muere rápidamente a 54°C. Las células de la levadura se reproducen por gemación, pero se ha demostrado que esto no ocurre antes de 3 a 4 horas del comienzo de la fermentación. El pH óptimo para la fermentación se sitúa entre 4 y 6, pero la levadura muestra una tolerancia a pH's bajos como 3 durante una hora a 30°C. La causa principal para que se aumente la acidez de las masas en fermentación son las bacterias lácticas y acéticas que siempre están presentes en la harina. Es particularmente el ácido láctico, que se ioniza fuertemente, el responsable del descenso del pH. Si entre los alimentos de la levadura, se encuentran sulfato y cloruro amónico, éstos dejarán restos de ácido sulfúrico y clorhídrico que aumentarán la acidez.

3.5.5 Azúcar

Sus funciones básicas son dar sabor, color y ser el principal sustrato regulador de la levadura. El principal azúcar usado en la elaboración de las galletas es la sacarosa. El efecto que tiene sobre la masa es la reducción de adición de agua. Ya que el efecto que tiene la formación de una disolución de agua y azúcar es el aumento de volumen de la fase acuosa en la masa. El color y sabor básicos de las galletas es producido por las reacciones que tienen lugar durante las etapas de cocción.

Al disolver el azúcar, se produce aumento de volumen de la solución del sistema, cada gramo de azúcar que se disuelve en 1 gramo de agua produce 1.6 ml de solución, lo que hace la masa pegajosa. Por eso conviene obtener galletas a partir de jarabe en lugar de sacarosa cristalizada, y masas adherentes que no se prestan a la mecanización.

3.5.6 Ingredientes menores

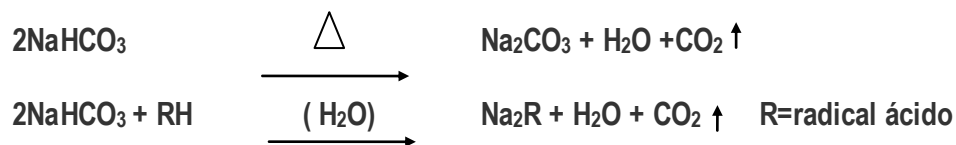
Es muy difícil determinar una lista de ingredientes menores para todas las galletas, porque si bien existen elementos comunes e indispensables para todos los elementos, hay otros que son propios para cada producto. Hablando solo de aquellos ingredientes menores que son de origen inorgánico y se refiere a ellos colectivamente como *químicos*, éstos son usados en pequeñas cantidades previamente pesadas y añadidas manualmente. Representan no más del 2% en peso de la masa total.

3.5.6.1 *Sal*

Agente saborizante que contrarresta el sabor dulce y fortalece el gluten vía modificación iónica de las proteínas, baja la actividad del agua sirviendo como agente conservador (Serna, 2001).

3.5.6.2 *Bicarbonato de sodio*

Este tiene dos funciones principales en la elaboración de la galleta. El primero, sirve para ajustar el pH de la masa y los productos. La segunda función del bicarbonato es actuar como parte del esponjamiento del sistema. Esto es gracias a la reacción química en donde la molécula del bicarbonato de sodio en presencia de calor se descompone en carbonato de sodio más agua y libera como producto dióxido de carbono en forma de gas que tiene un efecto mecánico en la pieza del producto (Wade, 1988).



3.5.6.3 *Dióxido de sulfuro y sus sales (sulfito de sodio, metabisulfito de sodio)*

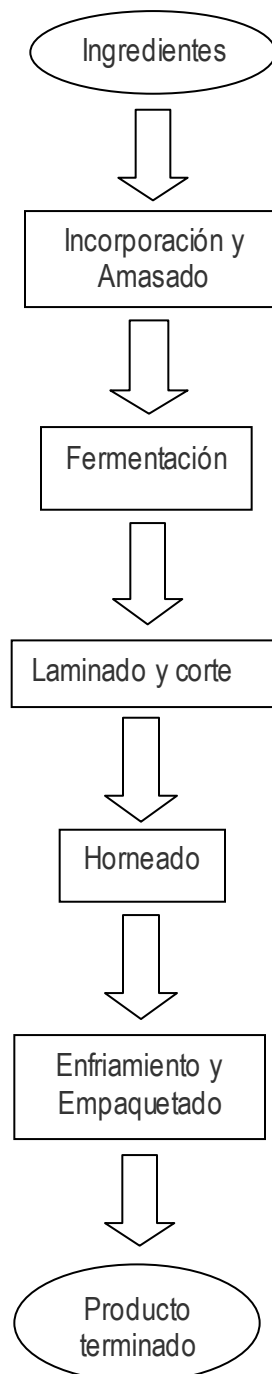
Estas sustancias son usadas en la industria de elaboración de galletas desde hace algunos años para modificar las propiedades reológicas de las masas duras. La adición en pequeñas cantidades de esta sal produce dramáticos cambios en las propiedades de las masas.

3.5.6.4 *Emulsificantes*

Los emulsificantes son compuestos químicos con grupos hidrofílicos y lipofílicos. Por lo tanto sirven de enlace con grupos polares mejorando el comportamiento de la masa en equipamientos automáticos industriales. Al igual que las grasas, los emulsificantes retardan las reacciones de retrogradación entre las moléculas de amilasa, por lo que ayudan a mantener la frescura y suavidad de los productos. El grupo lipofílico generalmente se asocia con la atmósfera no polar que existe dentro del helicoide de la amilasa. Los emulsificantes más populares son el estearilo- 2 lactilato de sodio, lecitina y mono/diglicéridos destilados o modificados (Serna, 2001).

3.6 Proceso de elaboración

Diagrama 1. Proceso general de elaboración galletas saladas tipo cracker



3.6.1 Incorporación de ingredientes y amasado

Los ingredientes se definen en la formulación de la galleta que rige las características de producto (Tabla 4), en una proporción establecida que las diferentes plantas cumplen de manera que dan seguimiento a los objetivos, misión y visión de la empresa. Estos ingredientes tienen dos tipos de manejo, a granel (mayoritarios) y por ingredientes menores (sacos, cajas o pesadas) y la calidad e inocuidad de las mismas están garantizadas por proveedores confiables acreditados por diferentes sistemas de calidad que surten materias primas que cumplen con especificaciones definidas por la empresa según sus intereses.

Tabla 4. Ingredientes de Galleta Salada tipo Cracker (Calidad, 2008)

INGREDIENTES
HARINA TRIGO
AGUA
GRASA VEGETAL
SUERO DE LECHE
JARABE ALTA FRUCTUOSA
FECULA DE MAIZ
EXTRACTO DE MALTA
SAL REFINADA YODATADA NACL
BICARBONATO DE SODIO
BICARBONATO DE AMONIO
FOSFATO MONOCALCICO
METABISULFITO DE SODIO
LEVADURA SECA ACTIVA
ENZIMAS FUNGALES
EMULSIFICANTE
ENZIMA PROTEOLITICA
VITAMINAS
DECORADO
ACEITE COPRAL
HARINA DE TRIGO
SAL EN HOJUELA

Al preparar la masa para las galletas, la función primordial de la etapa de amasado consiste en obtener una mezcla uniforme e incorporación de los ingredientes. Para productos de calidad, suele ser necesario, como paso preliminar el cremado⁹. En general no se pretende desarrollar gluten durante ésta etapa (Hoseney, 1991).

Existen dos grupos¹⁰ de condiciones dadas para el mezclado de las masas. El primer grupo consiste en masas duras, donde el contenido de proteína del trigo es convertido a través de trabajo mecánico en gluten. El segundo grupo consiste en las masas suaves o cortas, donde las condiciones de amasado son elegidas de tal manera que minimicen la formación de gluten (Wade, 1988).

En el contexto de las masas para las galletas, el término de amasado cubre una serie de operaciones distintas. En donde la preparación de la masa requiere de más de una de las siguientes acciones:

- a. La mezcla de ingredientes para formar una masa uniforme.
- b. La dispersión de sólido en líquido o de líquido en líquido.
- c. La disolución de sólido en líquido.
- d. La manipulación de la masa para estimular el desarrollo del gluten de las proteínas de la harina en presencia de agua.
- e. El aumento de temperatura como consecuencia del trabajo desarrollado.
- f. El esponjamiento de la masa para que tenga menos densidad.

La calidad de la masa queda determinada por la receta, la naturaleza de los ingredientes utilizados, el grado hasta el cual estos ingredientes han sido mezclados, el equipo, las condiciones de trabajo y la experiencia del operario.

⁹ El *cremado* es la operación de mezclar los ingredientes como el azúcar y anti aglutinante, (la grasa, emulsificantes, bicarbonatos, sal, sabores y otros menores) antes de adicionar la harina.

¹⁰ Esta clasificación de tipo de masas está detallada en la parte de clasificación de galletas.

El resultado es una masa que tiene las cualidades particulares de elasticidad, resistencia y maleabilidad, las cuales en conjunto se llaman consistencia.

El proceso de incorporación y amasado de los ingredientes inicia en una primera etapa, conocido coloquialmente como *cremado*, donde el azúcar (principal ingrediente), la sal, los bicarbonatos sódico y amónico, entre otros aditivos o ingredientes secos. La mezcla durante este periodo no necesita ser muy violenta si las palas de la amasadora son lo suficientemente grandes para alcanzar las paredes y el fondo de ésta, de lo contrario la velocidad deberá aumentar para lograr un mezclado óptimo de los ingredientes.

Una vez obtenido el cremado viene una segunda etapa de amasado, donde se agregan los ingredientes mayoritarios como la harina, la grasa, jarabes, etc., aquí la agitación consigue la deformación y estiramiento de la masa, se desarrolla el gluten a partir de las proteínas hidratadas de la harina. Debido a la fricción que existe en esta operación hará que la temperatura de la masa se eleve.

El control de proceso del amasado comprende tiempo, desarrollo óptimo de la masa, temperatura y consistencia final de la masa. La constancia en la calidad de la masa es extremadamente difícil, hay que prestar mucha atención en las calidades y temperaturas de los ingredientes (implica variaciones de semanas, meses, o estaciones). Otra variable importante es la edad de la masa, es decir, el tiempo que transcurre desde el amasado hasta el laminado. Ya que tienden a perder extensibilidad.

3.6.1.1 Tipos de amasadoras

Este proceso se realiza con artefactos diseñados para esta función. El requisito principal de cualquier amasadora es obtener una distribución homogénea de los materiales como un todo a un nivel micro. De los principales tipos de amasadoras se describen brevemente los más comunes:

a. Verticales con artesa desmontable

Los batidores van montados verticalmente, su mecanismo de transmisión se baja al interior de la artesa, o se levanta la artesa para que queden situados los batidores y la tapadera. Los ejes del batidor pueden girar en posiciones fijas, en cuyo caso hay generalmente dos o tres batidores que se entrelazan (Imagen 3 y 4).

Entre las ventajas se encuentran, (para las masas que necesitan reposo, fermentado o re-amasado) se pueden dejar en una tina, sin más operación. Además se puede vigilar visualmente, la acción de amasado y el estado de la masa. Son de fácil traslado a diferentes lugares, vaciado, guardado, etc. Sin embargo ofrece algunas desventajas como el control de la temperatura, el traslado es difícil debido a su volumen y peso.

b. Horizontales con batidores fijos

La artesa se encuentra fija y gira en un eje horizontal para descargar la masa. Los batidores funcionan horizontalmente dentro de la artesa y están fijos a uno o dos ejes (Imagen 5 y 6). Son amasadoras muy potentes capaces de procesar masas duras y por lo tanto más veloces que las verticales. Se tiene más control de la temperatura y se pueden añadir ingredientes durante el amasado.

Los inconvenientes respecto a este equipo son en general relacionados a la limpieza y mantenimiento.

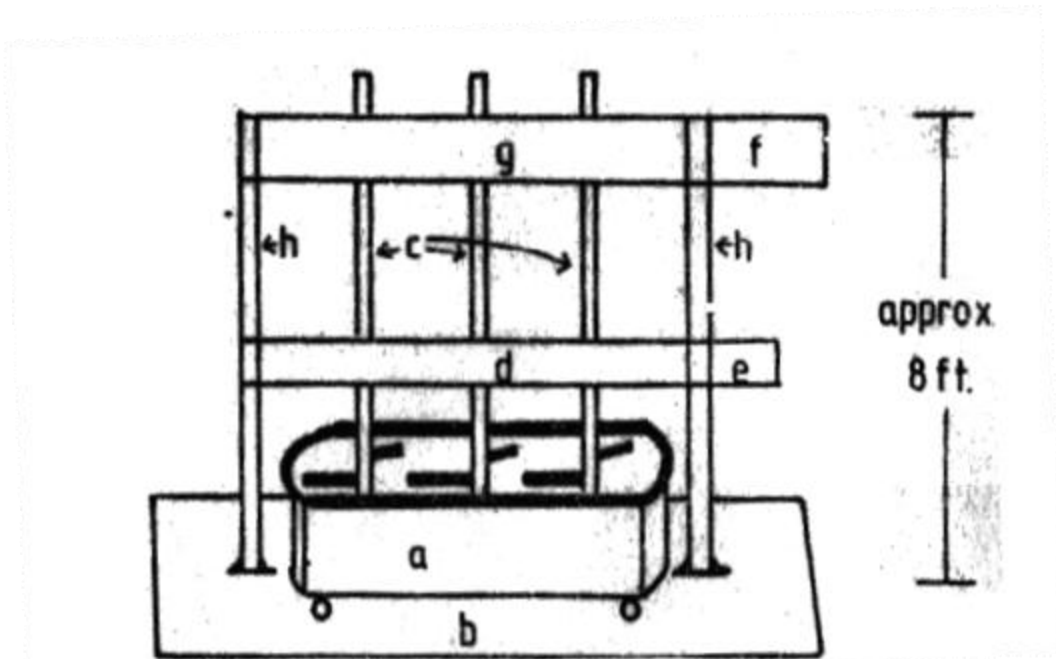


Imagen 3. Diagrama amasadora de espas verticales con artesa desmontable (Wade, 1988) acceso en general a las partes operacionales.



Imagen 4. Batidores verticales con artesa desmontable

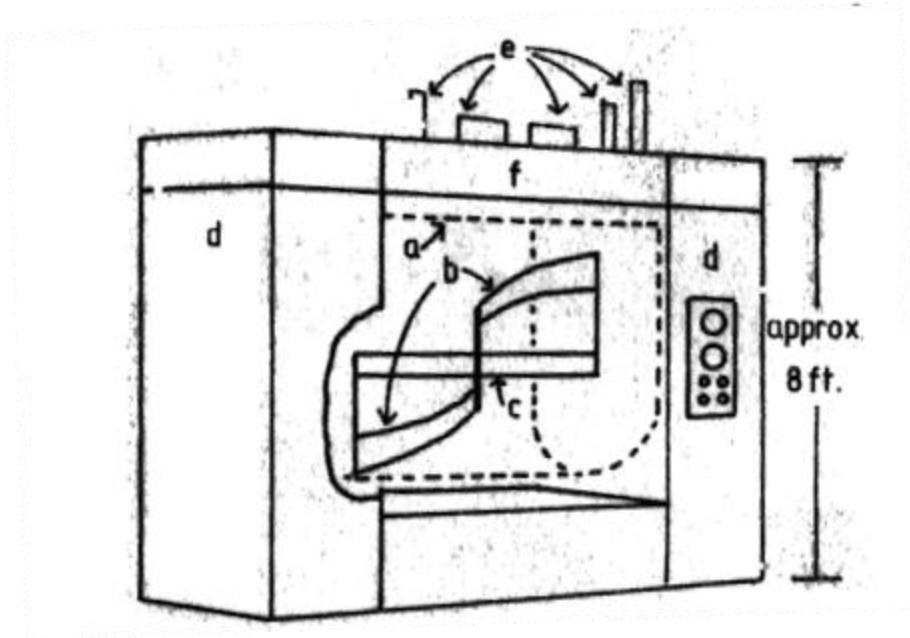


Imagen 5. Diagrama de batidora horizontal con aspas fijas



Imagen 6. Batidora horizontal con aspas fijas

3.6.2 Fermentación

3.6.2.1 Proceso tradicional

Los procesos primarios de mayor importancia son cambios microbiológicos que toman lugar durante la fermentación. En la práctica existen algunas variantes de la receta básica, pero se coincide en la etapa de esponja en donde en algunos casos es añadida harina de malta diastásica para proveer de alimento a las levaduras. En la tabla 5 se mencionan las diferencias básicas de los procesos de un producto genérico.

Tabla 5. Receta base de Soda cracker y Cream soda (Wade, 1988)

Esponja	Soda crackers (%)*	Cream soda (%)*	Condiciones de proceso
<ul style="list-style-type: none">○ Harina○ Levadura○ Agua	70 0.4 30	30 0.2 30	Mezclado de ingredientes (10 min). Fermentación por 18 h a aprox. 27-29°C, 80-90% HR
Masas			
<ul style="list-style-type: none">○ Harina○ Grasa○ Sal○ Bicarbonato de sodio	30 11 1.5 1.0	70 20 1.0 2.0	Retorna la esponja a mezclado y se agregan el resto de los ingredientes (5 min). Fermentar por último 5 h a aprox. 27-29°C
Tipo de amasadoras	Vertical	Horizontal**	

*Porcentaje panadero. Donde la cantidad de harina es tomada como el 100%.

** Este tipo de amasadora presenta la desventaja de vaciado del producto entre una operación y otra a lo largo de la fermentación.

Después del amasado, el 1 o 2% de los azúcares presentes naturalmente en la harina, se habrán disuelto, y con la temperatura entre 27 y 35 °C, las condiciones son ideales para que la levadura crezca. La invertasa rápidamente desdoblará la sacarosa en fructosa y dextrosa, y la levadura utilizará estos pasos para formar alcohol y anhídrido carbónico. Pasarán 3-4 horas para que la levadura entre en gemación y se multiplique. Las amilasas de la harina, degradarán algo de almidón a maltosa, pero la capacidad de la levadura para actuar sobre ella está siempre retardada y no es significativa hasta unas horas después de establecida la fermentación. Durante estas dos horas la riquísima flora de la harina, bacterias y hongos, se

habrán recuperado del estado de reposo que adoptan en la harina. Habrá bacterias que producirán ácido acético y láctico, que aumentarán la acidez de la masa; y lo más importante, las proteasas, procedentes de la micro flora o añadidas, actuarán sobre las proteínas de la harina entre las que se encuentra el gluten (Duncan, 1989).

La actuación conjunta de las células de la levadura y la micro flora presente naturalmente, será frenada por la sal, que casi siempre está presente y por la grasa que tenderá a hacer discontinua la fase acuosa. Si una de éstas dos está ausente, la fermentación procederá todavía más rápidamente.

Se ha demostrado que la riqueza de la micro flora natural de la harina, pudiera ser el origen del sabor, pero será muy importante su acción sobre el gluten. Se sugiere que este hecho, unido a las diferencias de calidad y cantidad de gluten en diferentes harinas, es de importancia fundamental en la fermentación de las galletas cracker. Para cortar la eliminación de los efectos de la micro flora de la harina, la fermentación deberá ser corta, los cambios enzimáticos necesarios deberían ser controlados por la adición de proteasas estandarizadas (Duncan, 1989).

3.6.2.2 Método de masa esponjosa

Éste procedimiento produce una masa muy blanda, que generalmente contiene exclusivamente harina, levadura y agua (Imagen 7). La harina suele tener un 11% de proteína, y se establece para esta masa una temperatura de 26 °C y se deja fermentar durante unas 12-16 horas. A la masa esponjosa se le añade harina, grasa, agua, sal y otros ingredientes con los que se pretende influir en el sabor. El conjunto se amasa otra vez hasta lograr una consistencia moderadamente dura y se deja fermentar de nuevo a 28-30 °C durante 1-4 horas. Esta masa puede ser nuevamente amasada o no antes de llevar al laminador. Es conveniente añadir en cantidad controlada desperdicios del cortador u otra masa re-trabajada, en la etapa en que se añaden ingredientes extra a la esponjadura madura (Duncan, 1989).



Imagen 7. Artesa con masa en etapa de fermentación.

Puesto que estamos tratando de una reacción biológica, es importante atender cuidadosamente las temperaturas y humedades que rodean a la masa. Las cámaras de fermentación deben estar por encima de la temperatura de la masa y la humedad debe ser tal, que no produzca corteza en la superficie de la masa. La humedad correcta depende de la temperatura, pero para masas a unos 30 °C es satisfactoria una humedad de 75%. En ningún momento hasta que llegue al horno debe enfriarse la masa, ya que esto no solamente altera la consistencia y endurece el gluten, sino que también detiene la producción gaseosa de la levadura (Duncan, 1989).

3.6.2.3 Esponjamiento químico

Cuatro gases se utilizan para el esponjamiento químico. Éstos son dióxido de carbono, agua y/o vapor, etanol, amoníaco y aire. El aire, es una mezcla de gases y está presente, por lo tanto se utiliza en todos los productos. EL agua, también está presente en todos los productos cocidos, pero su efecto esponjante es muy limitado, a causa de su alto punto de ebullición. EL vapor de agua es un esponjante eficaz solo cuando el producto se calienta muy rápidamente, tal y como se hace con las cracker saladas. La levadura produce dióxido de carbono y etanol. Por lo general, la levadura se utiliza rara vez en artículos de trigo blando, ya que tiene un efecto muy marcado en la reología de la masa. El dióxido de carbono, se puede producir también por reacciones químicas de bicarbonato o carbonato con ácidos. Estas reacciones químicas son las más frecuentemente utilizadas para esponjar los productos de trigo blando (Hoseney, 1991).

Las fuentes más corrientes de dióxido de carbono, son los bicarbonatos sódico y amónico. Si se calienta el bicarbonato amónico, se desdobla para producir tres gases, como se muestra:



El bicarbonato de amonio solo se puede utilizar en productos que se han de cocer hasta que quede muy poca humedad. Si el producto retiene más de un pequeño porcentaje de agua, también retendrá amoníaco. Hasta pequeñas cantidades de amoníaco en el producto, lo convierte en incomedible. Por lo tanto, el bicarbonato de amonio tiene utilidad limitada. Se utiliza ampliamente en algunas pastas secas y algunos tipos de artículos cracker. Tiene la ventaja de que no deja residuo salino después de la reacción. Las sales residuales podrían afectar al sabor y la reología de la masa o a ambos (Hoseney, 1991).

El bicarbonato de potasio, es también una fuente potencial de dióxido de carbono para el esponjamiento. Sin embargo, no se utiliza mucho a causa de que tiene tendencia a ser higroscópico y a impartir un ligero amargor a los productos.

El agente esponjante más popular, es el bicarbonato de sodio. Ofreciendo varias ventajas, por ejemplo: 1) tiene precio relativamente barato, 2) no es tóxico, 3) es de fácil manipulación, 4) su producto final es relativamente insípido y, 5) el producto comercial es de gran pureza. El carbonato de sodio, podría utilizarse también como fuente de dióxido de carbono, pero no se utiliza, ya que su principal inconveniente es la alta alcalinidad, lo que aumenta el peligro de formar un núcleo de pH alto, que puede ser perjudicial para el producto.

Para comprender la utilización del dióxido de carbono como agente esponjante, se debe conocer antes un poco de la química del dióxido de carbono. Éste reacciona con el agua para formar ácido carbónico:



Tenemos pues, que el dióxido de carbono puede existir como CO_2 libre o como una de las dos especies iónicas HCO_3^- o CO_3^{2-} . La producción relativa de cada una es determinada por el pH y la temperatura de la solución. En la Imagen 8 se muestra el efecto del pH en la determinación de la especie que puede existir, no hay gas esponjante disponible (CO_2) si el pH queda por encima de 8.0. Muchos productos de trigo blando, terminan con el pH cercano a 7.0, en el que solo una parte de dióxido de carbono está en estado gaseoso (Hoseney, 1991).

Para obtener un mayor rendimiento de gas y controlar la velocidad de la evolución de dióxido de carbono, se añaden ácidos a las masas. El bicarbonato sódico es muy soluble en agua y se disuelve rápidamente al

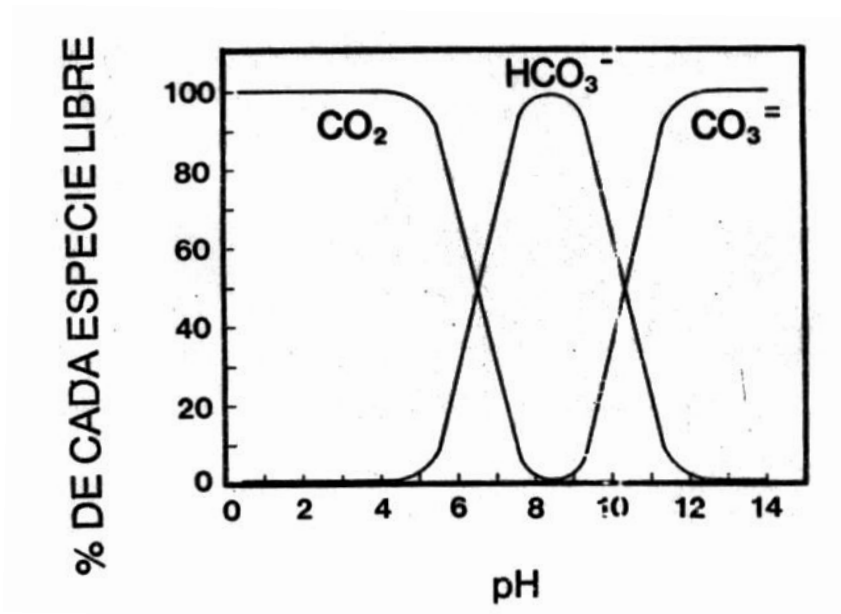


Imagen 8. Gráfico del porcentaje de cada especie en función del pH para el dióxido de carbono (Hoseney, 1991)

amasar la mezcla o el batido, esto eleva el pH de la masa o batido hasta el punto en el que no se libera dióxido de carbono. Cuando los ingredientes de la receta contienen un ácido, se puede utilizar bicarbonato de sodio para conseguir el esponjamiento. Si la receta no contiene el ácido, se debe utilizar una mezcla de bicarbonato de sodio con un ácido, es decir, añadir levadura artificial.

a. Levadura artificial

La levadura artificial se compone de una mezcla de bicarbonato de sodio, una o más sales ácidas y un diluyente. La levadura artificial debe rendir no menos de 12% de dióxido de carbono disponible, esta reglamentación determina eficazmente el nivel de bicarbonato. El ácido o ácidos a utilizar quedan fijados por sus valores de neutralización. El diluyente inerte suele ser el almidón desecado; su función primordial es la de separar físicamente las partículas de sosa y ácido para evitar la reacción prematura. La levadura

artificial puede ser de acción simple o doble, la segunda es la que contiene dos ácidos: uno reacciona a temperatura ambiente y otro que reacciona al calentar el producto.

La cantidad necesaria de ácido en la receta, depende de la cantidad de sosa y el valor de neutralización del ácido. Como los ácidos utilizados son sales ácidas la estequiometría de las reacciones, suele no estar clara. Por eso se desarrolló el concepto de valor de neutralización.

$$\text{Valor de neutralización} = \frac{\text{g de CO}_3\text{HNa} \times 100}{100 \text{ g de sal ácida}}$$

Generalmente el pH del producto no debe ser afectado por la reacción de esponjamiento. Sin embargo, si no se utiliza la cantidad correcta de ácido, se verán alteradas las propiedades y sabor del producto. Como color que generalmente está en función del pH y el sabor (Hoseney, 1991).

3.6.2.4 Fermentación galleta proyecto

La mayoría de las *galletas saladas tipo cracker* son tratadas con una combinación de fermento biológico y agentes leudantes químicos. Su bajo contenido de azúcar y grasa vegetal, es la razón fundamental del porque requieren mucho tiempo de fermentación o proceso (24 h.), su típico proceso es por medio del sistema de esponja. La harina más funcional tiene características intermedias entre harina suave y panadera. Aproximadamente 60% de harina se mezcla con casi toda el agua y fermento para formar la esponja, posteriormente fermentada por cuando menos 16 horas, el pH de la esponja baja aproximadamente de 6 a 4.2. Posteriormente se añaden el resto de la harina, sal y agentes leudantes químicos (Serna, 2001).

Aunque la fermentación prolongada acarrea dos problemas; el régimen enzimático asociado con la hidrólisis del almidón de la harina (por α y β amilasas) y los niveles de almidón lesionado unido a las actividades de la micro flora espontanea de bacterias y hongos.

Se da mucha importancia a la variación de pH durante la fermentación:

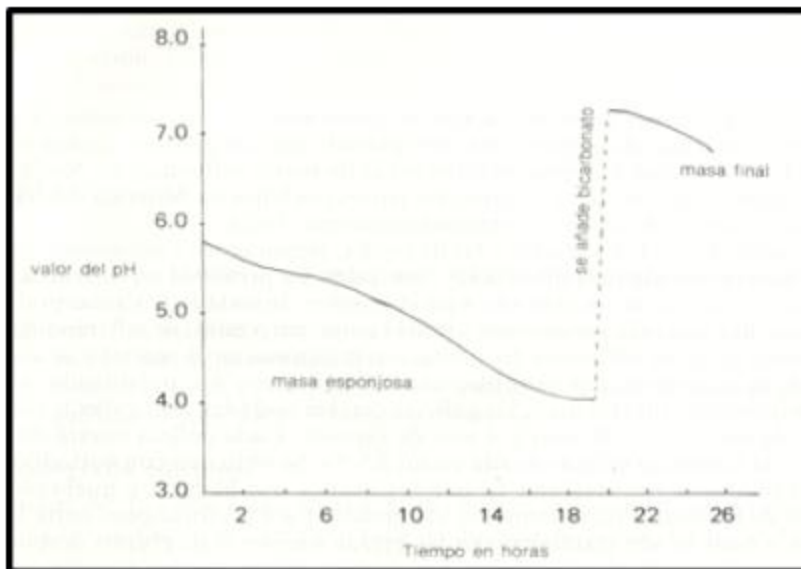


Imagen 2. Variación del pH en función de la temperatura de fermentación. (Duncan, 1989)

Hay un cambio brusco hacia la condición alcalina en la etapa de la masa, porque se añade bicarbonato de sodio (Imagen 9), las galletas cracker deben ser alcalinas después de la cocción (pH 7.5-9.0). Estas sales actúan como tampones, pero algunas de ellas no controlan el sabor.

3.6.3 Laminado y corte

Después del amasado en conjunto con la fermentación, se puede dejar la masa en reposo, o se lleva directamente a la tolva de la laminadora (Imagen 10). La función de la laminadora es compactar y calibrar el trozo de masa, transformándolo en una lámina de espesor uniforme que abarque toda la anchura del equipo. Dentro de la laminadora la masa es comprimida y trabajada para expulsar aire, inevitablemente se acumulan tensiones en la estructura del gluten. También se produce aumento en la densidad del bloque de masa (Duncan, 1989).

La lámina pasa a través de varios puestos con pares de rodillos de calibración, que reducen el espesor al requerido para el corte, después de reducido el espesor se pliega la lámina para formar muchas laminaciones que son necesarias para obtener la estructura deseada en el producto final (Imagen 11), antes de ser calibrada al espesor final deseado.

Entre el último calibrador y cortador, hay que tomar medidas especiales para permitir que la masa se relaje, antes de cortar las piezas (Imagen 12). Durante esta relajación la masa se encoge, la razón principal para consentir la relajación, es controlar la forma de la galleta después de la cocción, ya que podría presentar una fuerte retracción en longitud en el horno, y como resultado tenderá a engrosar (Duncan, 1989).

La masa de galletas tipo cracker a causa de sus propiedades visco elásticas sirve para la retención de gas, el gluten tiene que ser muy fuerte y extensible. Se lámina con la finalidad de crear una masa más clara y mantener las capas algo separadas durante la cocción. El corte produce además del tamaño y forma deseados, la impresión de la superficie y los orificios.

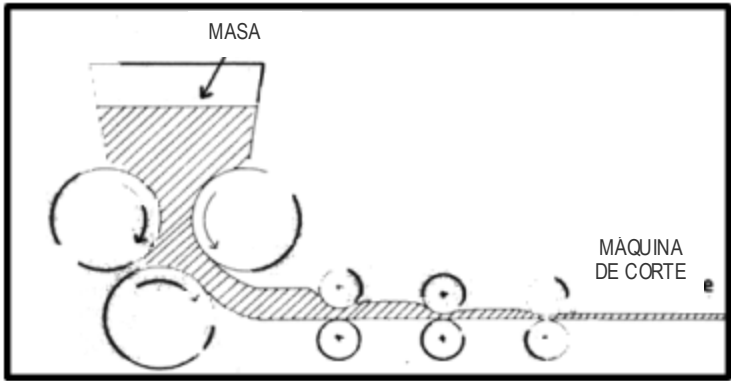


Imagen 10. Laminadora con tolva de forma típica (Wade, 1988)

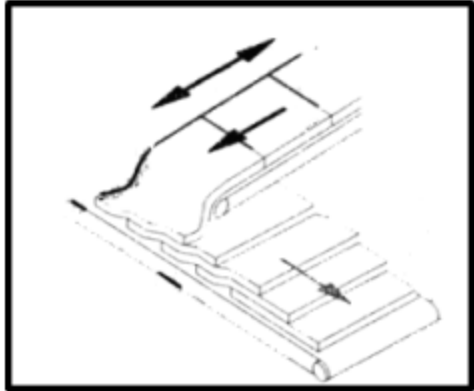
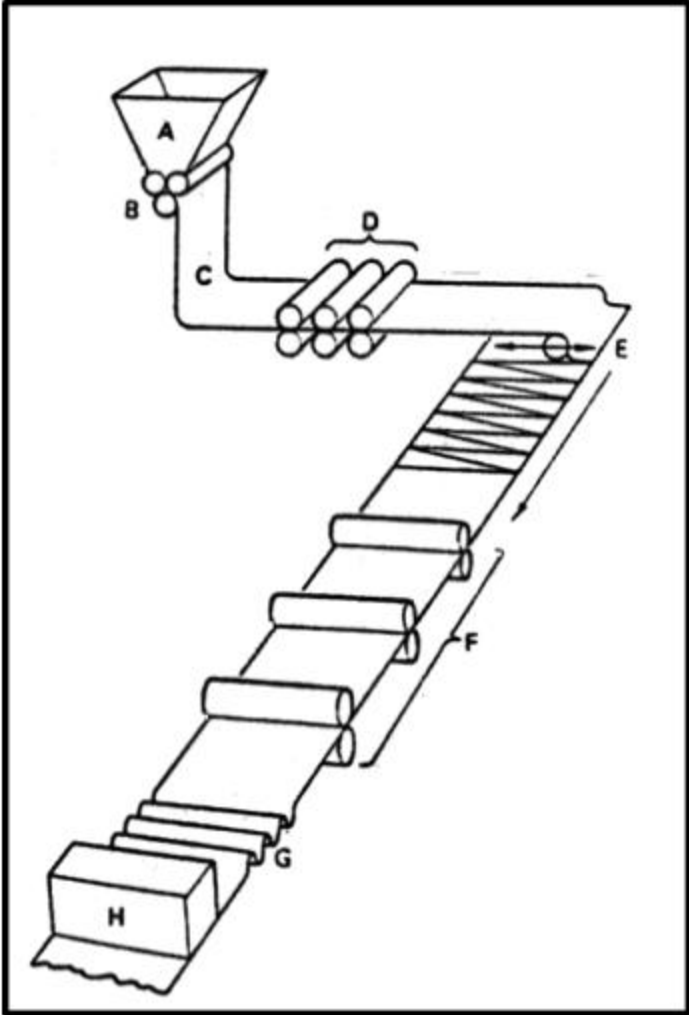


Imagen 11. Formación de láminas estratificadas, plegadora continua (Duncan, 1989)

Imagen 12. Procesamiento de la masa cracker. A, tolva de masa; B rodillo de formación; C, cinta de masa; D, rodillos de reducción; E, soplador; F, reducción final; G, bucle de relajación; H, cortadora-perforadora. (Hoseney, 1991)

3.6.4 Horneo

La mayoría de las galletas comerciales universalmente son horneadas en túneles calientes con dimensiones a lo largo que van desde los 30 hasta 150 metros. Los productos viajan a través de ellos de manera continua sobre una banda o malla metálica de 1-1.5 metros de ancho (Imagen 13). El tiempo de horneado varia de 1 a 5 minutos, de acuerdo al producto (Wade, 1988). La masa es transformada en galleta mediante esta operación de horneo a temperaturas de 200-300° C. Los túneles son construidos con varias zonas o secciones, en donde cada una tiene un control de temperatura individualmente. En la práctica el número de zonas puede alcanzar hasta más de diez. Los hornos son comúnmente calentados por combustión de gas, aunque el aceite o calentamiento eléctrico son usados cuando el gas no es una fuente viable ya que es un combustible con precio variable. Después de que el horneo es completado el producto es transferido a una banda de enfriamiento.



Imagen 13. Horno de banda continúa

Durante las etapas iniciales del horneado, la masa incrementa su volumen y altura dado que la levadura todavía produce gas y a que el CO₂ se expande por el notable incremento de la temperatura. A este fenómeno se le denomina industrialmente resorteo de la masa y está en función de la calidad de la harina o gluten. Las células de la levadura mueren, el gluten se desnaturaliza perdiendo su capacidad de retención de agua y adquiere características rígidas. Por otra parte, debido a la alta temperatura y presencia de agua, el almidón se gelatiniza e incrementa notablemente su capacidad de retención de agua, dando un 80% de la humedad del producto ligado a este fenómeno (Duncan, 1989). También durante este proceso el producto adquiere color, donde la presencia de azúcares reductores y grupos aminos libres aunado con las altas temperaturas propician que la costra de la superficie adquiera su típico color dorado resultante de las reacciones de Maillard (Fennema, 1993). Al salir del horno el producto llega a un equilibrio en la humedad y su contacto con el exterior.

3.6.4.1 Cocción

La mayoría de las galletas se cuecen hoy día en hornos continuos de banda. Existen tres modificaciones importantes en la pieza de la masa durante el proceso de cocción (Duncan, 1989):

- i. Disminución en la densidad del producto unida al desarrollo de una textura abierta y porosa.
- ii. Reducción del nivel de humedad (2-4%)
- iii. Cambio en la coloración de la superficie.

El desarrollo de la estructura tiene lugar en el primer tercio o cuarto del horno, donde existen fenómenos que probablemente ocurren como:

- Calentamiento del almidón y de las proteínas hasta los niveles en los que tiene lugar el hinchamiento, la gelificación 52-99°C y desnaturalización desde 70°C.
- Liberación de gases de los compuestos químicos esponjantes desde 65°C.
- Expansión de las burbujas de esos gases, como resultado del aumento de la temperatura que también hace aumentar la presión de vapor de agua dentro de ellas.
- Ruptura y coalescencia de alguna de estas burbujas
- Pérdida de vapor de agua en la superficie del producto, seguida por emigración de la humedad hacia la superficie y escape hacia la atmósfera del horno.
- Elevación de la temperatura con aumento de la concentración del azúcar en disolución.
- Reducción de la viscosidad de la disolución de azúcar y de la grasa, por el aumento de la temperatura.

Los fenómenos descritos anteriormente se centran alrededor de la formación de burbujas de gas y de su expansión en un medio que al principio se hace más blando y flexible, seguido por un atiesamiento y endurecimiento.

El rápido aumento de volumen debido al aumento de presión de vapor de agua, debido a su vez al aumento de temperatura, es exagerado por que las fuerzas de tensión superficial determinan las presiones dentro de las pequeñas burbujas son muy superiores a las de las burbujas más grandes. Así, al subir la

temperatura, se produce una condición física muy inestable en la masa, porque hay un delicado equilibrio entre la expansión que puede aceptar, antes de la ruptura un complejo blando de almidón/proteína/agua/azúcar, la coalescencia de las burbujas y el aumento de la rigidez. Con la pérdida de vapor de agua en la superficie de la pieza, se formará allí primero una corteza no flexible. Así las burbujas tenderán a ser mayores dentro de la masa y menores donde se esté formando la corteza.

En la estructura de las galletas tipo cracker las cavidades que derivan de discontinuidades de la masa y que se consiguen a través de capas de grasa o pieles de láminas de masa, son trabajadas por la introducción rápida de calor, que produce mucha expansión de estos núcleos grandes y aplanados que se producen en las estructuras de vejigas o escamas.

El fraguado de la estructura es una combinación de gelificación de la matriz almidón/proteína y el endurecimiento debido a la pérdida de la humedad. La pérdida de humedad en la superficie de la galleta está relacionada con la temperatura y presión de vapor del agua en la superficie.

La importancia de la perforación de la pieza de la masa crea paso al aire a través de la piezas de la masa, favoreciendo la formación de la corteza y evitando la formación de las ampollas.

La reducción de la humedad, se lleva a cabo a través de la superficie de la masa de la pieza, por lo que es necesario el fenómeno de emigración a la superficie por capilaridad o por difusión. Ambos fenómenos se llevan a cabo por gradiente de temperatura, por lo que es necesario el rápido calentamiento del producto a 100°C.

Al ir perdiendo humedad el almidón y los geles de la proteína, se produce alguna contracción, y se hace inevitable la pérdida de crecimiento parcial del producto. Hay un colapso de la estructura interior debido a las rupturas de las burbujas de gas. A medida que el gradiente de humedad a través de la pieza de masa

va aumentando durante el secado, se producen tensiones debidas a la contracción de la estructura del almidón. Estas tensiones si no se relajan, pueden producir grietas al enfriarse la galleta estableciendo una condición conocida llamada cuarteamiento, misma que traerá consigo fracturas. Este problema se puede eliminar si se seca la galleta lentamente o si se reduce el contenido de humedad hasta niveles suficientemente bajos.

Los cambios de color son debidos a una serie de motivos. La reacción de Maillard implica la interacción de azúcares reductores con proteínas y produce tonos pardo-rojizos atractivos. Esto se produce hacia los 150-160°C y está asociado a la dextrinización del almidón y la caramelización de los azúcares, particularmente los azúcares inferiores. Para que esto se logre la humedad de la superficie debe ser muy baja. El exceso de álcali, generalmente producto del exceso de bicarbonato de sodio en la receta, producirá coloración amarillenta en toda la estructura de la galleta resultando poco atractivo y un problema severo de calidad.

3.6.4.2 Horneado de galleta proyecto

El mejor crecimiento y textura de las galletas cracker, se consigue con una cocción muy caliente. Por eso los esfuerzos se encaminan hacia elevar la temperatura de las piezas rápidamente en la entrada del horno, y hacer el secado después, con temperaturas más bajas (Duncan, 1989).

La masa de las galletas cracker es de las más húmedas, y se tienen que conseguir pérdidas de peso de 26% en la transformación de pieza masa a galleta. Esto quiere decir que hay que preocuparse por la extracción adecuada de gases del horno. La humedad¹¹ óptima no está clara, pero hay evidencia de que las humedades altas perjudican el desarrollo de la galleta. Durante la cocción se levantan esas vesículas abundantes e irregulares que se forman en la superficie de la galleta, el mecanismo de estos

¹¹ Entiéndase en esta parte el concepto de humedad como al sistema que se genera dentro del horno.

levantamientos es desconocido, pero es probable que el principal factor sea la discontinuidad formada entre las capas del gluten (las laminaciones), junto con la corteza de la harina producida por la harina o por secarse la masa. Las cavidades lenticulares formadas, contienen anhídrido carbónico desprendido de las células de la levadura, se inflan con la expansión del vapor de agua, hasta que se rompen o se coagula el gluten por el calor. Parte del dióxido de carbono de la levadura, formará diminutas burbujas que esponjará la estructura de las laminaciones, antes de que se produzca la coagulación del gluten y del almidón. Es este mecanismo que contribuye a una textura más blanda en la galleta terminada (Duncan, 1989).

3.6.4.3 Condiciones de los hornos

El producto es aportado por una banda que generalmente es de lámina de acero o una malla de alambre metálica. Al entrar al horno se aplica calor por una combinación de conducción, convección y radiación desde la estructura del horno y desde los gases que circulan por él. El calor de conducción llega al producto solamente a través de la banda misma del horno y si ésta es de gran masa, el calentamiento de la banda puede necesitar una considerable cantidad de calor antes de que produzca mucho efecto en el producto y además un precalentamiento. El calor por radiación¹² no penetra con facilidad en la pieza de masa, por lo que la mejor forma de transferencia de calor es por convección de los gases que se mueven en el horno.

Al irse evaporando el agua del producto y a medida que se expansiona el aire frío que ha entrado en el horno con él, se produce una elevación de presión en el horno. En los casos de los hornos de fuego directo, en los que el gas se quema en las cámaras de cocción, el aumento de presión es todavía mayor. Esta presión debe dejarse escapar y para ello se instalan tubos de escape por donde se libera a la atmósfera. A su entrada en el horno, las piezas de masa y la banda del horno pueden estar por debajo del

¹² Radiación electromagnética de 4 a 6 microm.

punto de rocío de la atmósfera del horno y se producirá algo de condensación de agua, que dará como resultado la cesión al producto del calor latente de evaporización y mojará la superficie. La conducción de este calor a través de la pieza de masa debe ser beneficiosa para la transferencia de calor, pero el agua debe ser posteriormente re evaporizada. Para favorecer el calentamiento de las piezas por conducción es recomendable hacer un precalentamiento de las bandas del horno antes de la colocación en ella de las piezas de masa.

Después de crecer la masa y haber fraguado la estructura, se debe transferir el calor lo más rápido posible para provocar la eliminación de la humedad. Se necesita fuerte turbulencia alrededor de las piezas de la masa, pero la temperatura del aire no debe ser tan alta como para que se produzca coloración prematuramente. Es importante que durante la cocción se mantengan uniformes las condiciones de la atmósfera del horno en toda su anchura, pues si no, las piezas de la masa que a la entrada del horno son semejantes, aparecerán como galletas de diferente espesor, forma y color.

La función del horno es transferir el calor del combustible que se quema, a la banda del horno y a las piezas de la masa. Con el fin de mantener una temperatura dada en la superficie del producto, la temperatura de la estructura del horno debe ser superior y hay que suministrar energía para compensar el calor absorbido por el producto y el eliminado a través de los gases de escape (Duncan, 1989).

El calor generado por combustión de hidrocarburos o por intercambio de calor, puede ser provisto en diferentes secciones del horno por diferentes maneras:

- i. Hornos multi-zonas de calentamiento: Estos hornos descienden de los más usados tradicionalmente en la industria, elaborados con bandas (Imagen 14) que transportan los productos por una cámara donde se genera el calentamiento diferencial por zonas definidas. Su construcción implica una carcasa de acero para mantener el calor.

- ii. Hornos radiación por fuego indirecto: Estos hornos tienen un calentamiento singular por cada sección. Los gases calientes provenientes del calentamiento a través de hornillas, corren paralelamente a lo largo de las bandas y son ventilados a través de ductos que expulsan los productos de combustión a la superficie.
- iii. Hornos de convección forzada: Estos hornos son parecidos a los de bandas con multizonas de calentamiento, pero además se les inyecta aire caliente por ductos, además de una serie de mecanismos para que el aire re circule y halla intercambio de calor.
- iv. Hornos híbridos: Son hornos con no más de 30 años en el mercado. Combinando una fuente de radiación y convección forzada, pero raramente logran un objetivo de manera satisfactoria (Wade, 1988).

3.6.5 Enfriamiento

Es práctica corriente enfriar las galletas antes de empaquetar, en donde hay apreciablemente una pérdida de humedad, beneficiando su calidad y buen estado.

Fundamentalmente, todas las galletas excepto los que se desecan hasta un bajo contenido de humedad, son blandas y muy flexibles al salir del horno. Con el tiempo se van poniendo duras y frecuentemente quebradizas. Si se deja que cristalice la sacarosa el agua que estaba asociada a ella ya no se ha retenido y queda libre para emigrar a otros lados. Como la galleta tiene muy poca humedad después de la cocción (2-5%), muchos de sus componentes (almidón o proteínas), pueden ligar al agua.

El método más común es el de llevar las galletas asentadas de plano sobre cintas de tejido durante periodos de 1.5 y 3 veces el tiempo de cocción. El enfriamiento es gradual, produciendo así pérdida de humedad en la superficie de la galleta. En el momento en que la galleta alcanza el final de la cinta de enfriamiento, está ya templada.

Los contenidos globales de humedad de las galletas, son importantes para sus calidades respecto al consumo y a la vida de conservación. La manipulación siguiente de las galletas se facilita si se mantiene todo lo posible, durante el enfriamiento, la disposición ordenada con que aparecen las galletas sobre la banda del horno. Así las transferencias en el separador del horno y en otros lugares durante el enfriamiento, deben estar previstas para mantener rectas las hileras y filas. Hay diferentes técnicas para conseguir el apilamiento, pero las principales son: apilamiento con rueda de estrella, apilador de monedas (Imagen 14) y apilamiento con acelerador.

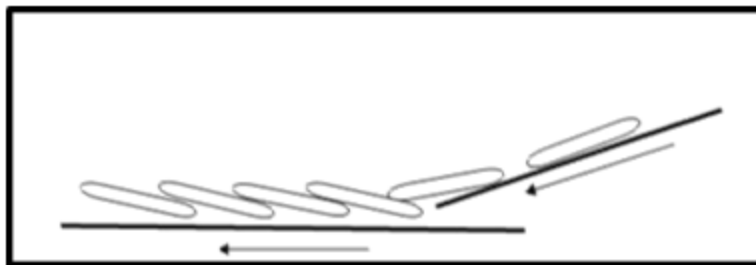


Imagen 14. Fundamento de apilador de monedas (Duncan, 1989)

Generalmente, la máquina de apilar acumula las galletas directamente sobre la mesa de empaquetar. La altura del transportador, suele quedar a la medida de los operarios que están sentados o de pie mientras trasladan las galletas a las máquinas de empaquetar.

3.6.6Empaquetado

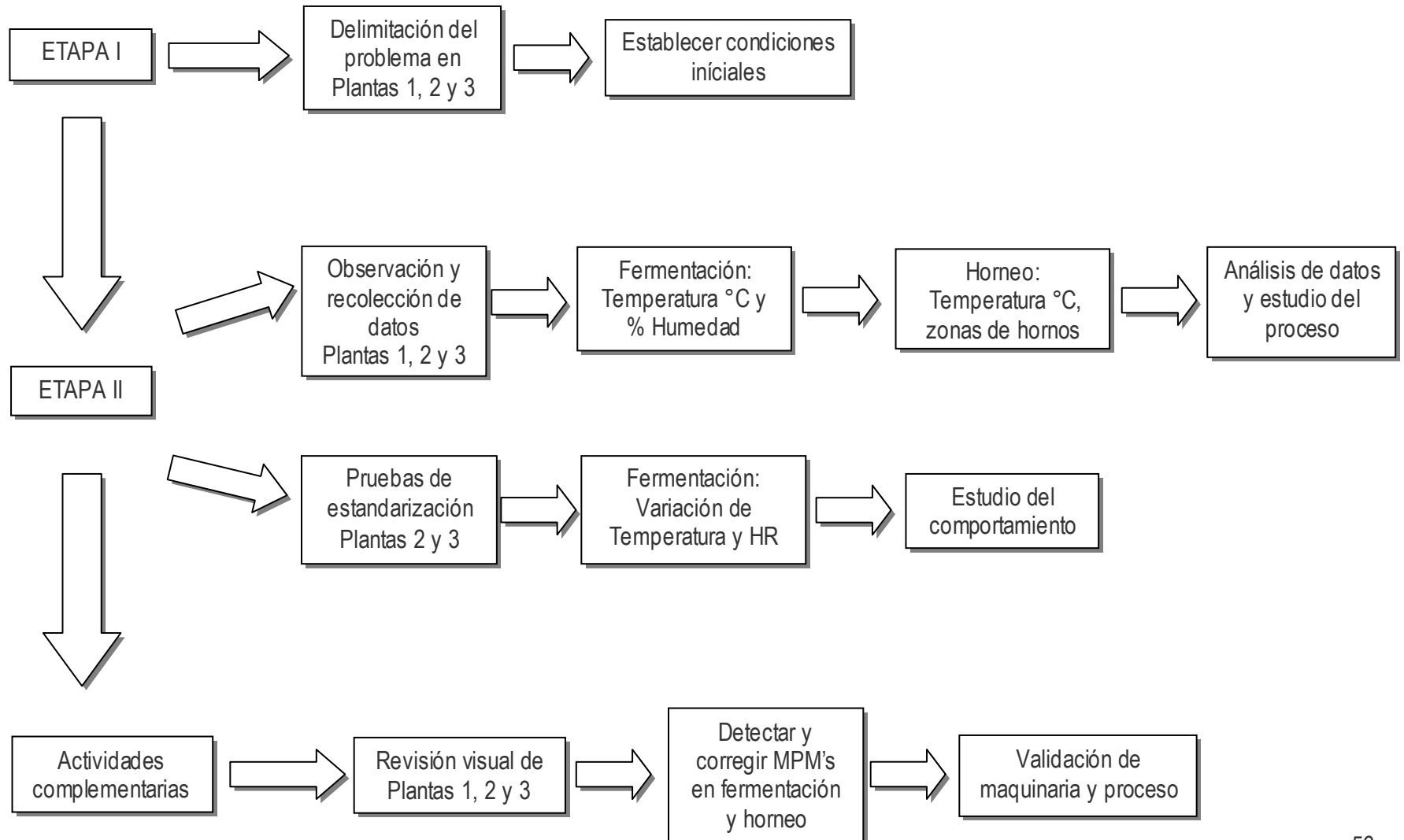
La última operación de la fabricación de galletas es el empaquetado. El objetivo del empaquetado consiste en reunir las galletas en grupos de acuerdo al tamaño adecuado para la venta y protegerlas de forma que conserven sus características durante el periodo más largo posible.

La preparación de los paquetes generalmente implica maquinaria muy especializada, más mano de obra. El paquete es algo más que el medio conveniente para trasladar las piezas con seguridad hasta el consumidor, también permite la exposición de la información sobre peso, tipo, contenido, fabricación, precio, etc., que pueda ser exigida por la ley y otros atributos artísticos asociados con la atracción del cliente incitándole a su adquisición o para permitir el fácil reconocimiento.

El empaquetado debe proteger al producto de las maneras siguientes: barrera de la humedad, resistencia por deterioro mecánico, higiene y pantalla a la luz. La barrera que impide a las galletas la absorción de la humedad atmosférica también será adecuada en su aspecto higiénico, es una combinación de la impermeabilidad a la humedad, básica de los materiales utilizados, y de la efectividad de los cierres. Para formar la barrera de humedad se utilizan el plástico (polipropileno), los papeles forrados con plástico, o diferentes laminados. Éstos generalmente se pueden sellar con calor y es así como se cierra el paquete en la máquina envolvente.

El cambio de sabor se debe principalmente a las reacciones químicas de los ingredientes, particularmente de las grasas, su oxidación da por resultado el sabor rancio, fuertemente catalizado por la luz ultravioleta. Los materiales para empaquetar pueden reducir los efectos de la alteración química, excluyendo o reduciendo la intensidad de la luz y eliminando el oxígeno. Las galletas son muy susceptibles a recoger olores fuertes, e incluso pequeñas trazas pueden alterar su sabor.

4. METODOLOGÍA



4.1 Etapa I: Delimitación del problema

Uno de los productos más importantes en el ramo de la galletería de esta empresa es la *galleta salada tipo cracker*, se fabrica en diferentes puntos del territorio del país (Imagen 15) ya que una sola planta productora no es suficiente para cubrir toda la demanda existente en las diferentes regiones de la República Mexicana. Su elaboración se distribuye en tres plantas: Planta 1 en el Distrito Federal, Planta 2 en Villahermosa Tabasco, Planta 3 en Guadalajara Jalisco.



Imagen 15. Ubicación de las tres plantas productoras en el territorio nacional.
(Encarta, 2006)

Cuando se introdujo al mercado este producto su proceso de elaboración fue adecuado para la Planta 1, Ciudad de México, la cual se mantiene en la actualidad como líder y modelo a seguir debido a que las características obtenidas del producto se encuentran dentro de las especificaciones siendo satisfactorio y de alta calidad. A medida que se fue colocando en el mercado y se decide su abasto a nivel nacional, el proceso fue adaptado a dos lugares más de producción; Planta 2 y Planta 3, Villahermosa Tabasco y Guadalajara Jalisco respectivamente. Estandarizando el proceso, si bien no con las mismas condiciones de

operación, si adecuando lo necesario para que el producto fuese homogéneo cumpliendo con las características, especificaciones y siguiendo los lineamientos en torno a la calidad del producto.

A pesar de ello, recientemente las *galletas saladas tipo cracker* presentan un problema de calidad que repercute directamente en el posicionamiento de la marca, así como en la imagen del grupo, la política de calidad, visión y misión de la empresa ante la sociedad, en su objetivo de empresa líder y de origen mexicano en la producción de alimentos. Además la competencia directa de varias marcas, algunas de ellas de compañías trasnacionales, hace imperante corregir estos detalles ya que es una empresa con prestigio internacional, que además genera una importante derrama económica para el país.

Este problema en la calidad derivado principalmente de que el producto se elabora en las tres plantas distintas, surge presentando diferencias a primera vista como características sensoriales de apariencia, color, sabor y textura, para lo cual se originó una serie de acciones contenedoras. De manera informal la empresa realizó una serie de evaluaciones sensoriales en juntas de alta gerencia, monitoreando las variaciones del proceso a lo largo del tiempo e informando a los altos mandos del problema recurrente que presentaba este producto. Posteriormente, como el problema persistía (a pesar de los comentarios y sugerencias), se emprendió un proyecto formal donde se involucraba por escrito a todo el personal de las plantas que participaba en la elaboración de este producto a realizar un estudio preliminar para encontrar las diferencias en el proceso de la producción de la *Galleta salada tipo cracker* que derivan en la falta de obtención de un producto con apego a las especificaciones, y características. Conforme el tiempo transcurría el proyecto se fue delimitado a etapas importantes y críticas del proceso (fermentación y horneado), es decir, aquellas etapas donde en base a la literatura y observaciones en Planta se llevaban a cabo una serie de fenómenos determinantes para que se den las características finales del producto que eran de interés repercutiendo directamente en la calidad del producto terminado.

4.1.1 Factores ambientales

Por la diferencia en ubicación geográfica de las plantas y las diferentes condiciones ambientales, se creyó que este podría ser un factor importante que repercutía directamente en el proceso y que contribuía a las diferencias del producto terminado. Lo anterior podría generar variaciones en el proceso en especial en las etapas de fermentación y horneado, modificando las condiciones óptimas en las cuales se llevan a cabo estas etapas.

a. Planta galletera 1 Distrito Federal

Esta planta está ubicada al noroeste de la Ciudad de México (Imagen 16). Por su altura el Distrito Federal cuenta con climas que van desde lo templado hasta lo frío húmedo con variaciones de temperatura que van desde valores máximos de 21-26.5°C hasta mínimos 7-13°C en promedio (www.inegi.gob.mx, 2009). Mantiene un régimen de lluvias de verano. Sus condiciones geográficas generales son: altitudes superiores a 2.200 m (Earth, 2008).

b. Planta galletera 2 Villahermosa Tabasco

La ciudad de Villahermosa en el estado de Tabasco se localiza al sureste del territorio nacional (Imagen 17), un 60% de su territorio está cubierto por ríos, lagunas y embalses. Su sistema fluvial está constituido por los caudales del río Usumacinta y Grijalva que desembocan en el golfo de México (Earth, 2008). La temperatura durante la primavera puede llegar a superar los 40° C con una humedad relativa superior al 90%, durante el corto invierno el clima es mucho más seco y las temperaturas son mucho más bajas. (Wikipedia, 2009). Su clima es cálido húmedo con influencia marítima, siendo una de las zonas más lluviosas del país. Posee una altura de cinco metros en promedio por debajo del nivel del mar por lo que la presión atmosférica llega a ser mayor a 1 atm. Su temperatura promedio oscila de 19-23°C mínima y máxima de 29-35°C (www.inegi.gob.mx, 2009).

Imagen16. Ubicación Planta Galletera 1 (Earth, 2008)



Imagen 17. Ubicación Planta Galletera 2 (Earth, 2008)



Imagen 18. Ubicación Planta Gallera 3 (Earth, 2008)



c. Planta galletera 3 Guadalajara Jalisco

El estado de Jalisco (Imagen 18) se encuentra rodeado por la sierra Madre occidental, la región mesa del Centro de la altiplanicie Mexicana, la cordillera Neovolcánica y la sierra Madre del Sur (tiene una altitud de 1560 m sobre el nivel del mar). El clima de la ciudad es templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media influencia de masas de agua próximas (Wikipedia, 2009). La primavera es la estación más seca y cálida. Las temperaturas promedio mínimas van de 8-16°C y máximas 27-36°C (www.inegi.gob.mx, 2009).

4.2 Etapa II. Trabajo en Plantas de Producción

4.2.1 Observación y recopilación de datos

Se realizó la observación del proceso en las etapas de fermentación y horneado durante un periodo de 8 semanas, para cada una de las Plantas. Para el caso de la fermentación se realizó una lectura de: temperatura, humedad relativa y tiempo. En horneado se realizó una lectura de la temperatura de las diferentes zonas de calentamiento de los hornos.

4.2.2 Análisis de datos

En base a la información obtenida de la observación de las etapas en estudio del proceso, fermentación y horneado, la información es procesada, analizada y estudiada en base a la literatura. Se realizó un análisis estadístico de varianza para las variables de fermentación y horneado, además gráficos de tendencia que nos auxiliaron en deducir una posible causa al problema.

4.2.3 Pruebas de estandarización

De acuerdo a los datos iniciales obtenidos de las variables en estudio. Para fermentación; temperatura, humedad relativa y tiempo; para horneado, solamente temperatura de las zonas de los hornos. Las Plantas galleteras 2 y 3 se modificaron estos parámetros de acuerdo al estándar establecido como la Planta Galletera 1 con un valor de cada una de las variables por arriba y otro por debajo de la referencia.

4.3 Actividades complementarias

- Se realizó una revisión visual de las plantas productoras con el fin de identificar diferencias en las condiciones de trabajo (ambientales, maquinaria, laborales, etc.) que afecten el proceso de elaboración de la galleta.
- Se observaron de las condiciones de trabajo en torno a la elaboración de los productos en las diferentes plantas productoras.
- Se validó la estandarización y control de las variables que puedan afectar el proceso de la fermentación, como; cantidad-calidad de ingredientes, adición-amasado de éstos y condiciones en las instalaciones del cuarto de fermentación.
- Se buscó malas prácticas de manufactura en las operaciones unitarias del proceso críticas como son la fermentación y el horneado.
- Se validó la estandarización y control de las variables que puedan afectar el proceso de horneado como, laminado y troquelado de la masa, temperatura, humedad relativa de los hornos y tiempo de cocción.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para poder describir los resultados obtenidos, es necesario comentar algunos aspectos a considerar. La elección de ingredientes que cumplen con las especificaciones requeridas por el grupo por proveedores autorizados y confiables (Bimbo, Norma de Seguridad Alimentaria, 2005), confiando en las materias primas utilizadas en la elaboración de los productos cuentan con una calidad constante y así descartar alguna alteración por esta parte. También la cantidad y adición de los ingredientes se manejaron como una constante. Los conocidos como ingredientes mayores como la harina, la grasa, fructosa, agua y azúcar se manejan a granel por sistemas automatizados que son calibrados por procedimiento cada inicio de turno o cambio de programación por parte del departamento de mantenimiento de cada planta respectivamente (Mantenimiento, 2008), dejando con un manejo especial los ingredientes menores confinados en un área limitada en la zona de elaboración donde cada uno de estos ingredientes son medidos cuidadosamente apegados a la formulación (Bimbo, Norma de Seguridad Alimentaria, 2005).

Además se consideró constante la operación de amasado debido a que la forma de elaboración de esta galleta con una etapa de fermentación, propicia el uso de amasadoras verticales desmontables con un funcionamiento y procedimiento de operación similar. El tiempo de fermentación varía de una masa a otra siguiendo un rango de tiempos establecidos en los protocolos de elaboración (MM Supervisores de Calidad, 2008) dependiendo de las condiciones y comportamiento de cada una de ellas siendo el maestro masero quien evalúa su desarrollo.

En la Tabla 6 se observa la recopilación de datos en la etapa de fermentación de las diferentes Plantas: temperatura de fermentación, porcentaje de humedad relativa y tiempo de fermentación. Se incluye un

promedio de los valores observados para cotejar diferencias entre las Plantas, y así poder generar las condiciones con las cuales se realizaron las pruebas correspondientes de estandarización.

En el Gráfico 1 se observa la tendencia de las temperaturas de fermentación a lo largo del monitoreo. El cual revela datos interesantes, tales como que las temperaturas de trabajo de las Plantas 1 y 3 son muy parecidas y no difieren de manera significativa. Sin embargo, la información de la Planta 2 muestra una desviación considerable en los valores respecto a las Plantas 1 y 3, lo que indica una falta de control en el manejo de la temperatura de fermentación. El mismo comportamiento para el Gráfico 2 sobre las tendencias en la medición de la humedad relativa de las diferentes plantas. Y la explicación concuerda con las observaciones del Gráfico 1.

Detectando un problema en el control de ésta variable en la Planta 2 la cual pudiese obedecer a diferentes razones. Tales como, falta de un buen aislamiento en cuarto de fermentación que a pesar de tener un control de temperatura con buen funcionamiento, según los reportes de mantenimiento (Mantenimiento, 2008), propicia el escape de calor y la capacidad para retener las condiciones programadas de temperatura, además la influencia del medio ambiente exterior si tomamos en cuenta la localización geográfica de la planta con temperaturas altas y humedad relativa alta (www.inegi.gob.mx).

Tabla 6. Recopilación de datos etapa de Fermentación

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Promedio
PLANTA 1 DF									
Temperatura (°C)	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
HR %	74	73.9	74	74	73.8	73.8	74	74.1	74.0
Tiempo (Hr)	24.6	26.2	25.8	24.8	24.9	25.5	25.5	25.9	25.4
PLANTA 2 TABS									
Temperatura (°C)	29.9	31.1	31.2	31.9	31.5	31	31.9	31	31.2
HR %	88.2	83.3	85.1	84	84.2	83.7	84.2	84	84.6
Tiempo (Hr)	22.1	22.6	22.9	23.2	23	22.8	22.9	22.2	22.7
PLANTA 3 GDJ									
Temperatura (°C)	32.5	32.5	32.6	32.5	32.7	32.5	32.5	32.5	32.5
HR %	72.4	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	72.7	72.5	72.5
Tiempo (Hr)	25.2	25.6	26	26	26.2	25.9	26.1	26.2	25.9

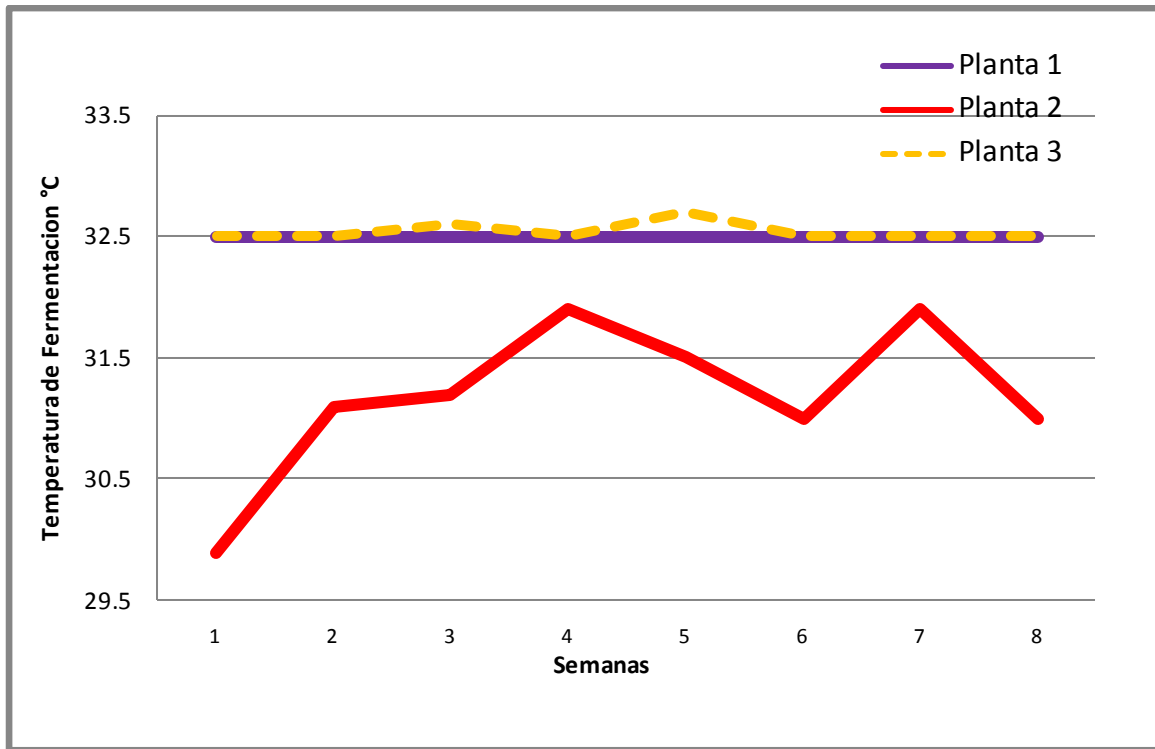


Gráfico 1. Temperaturas de Fermentación

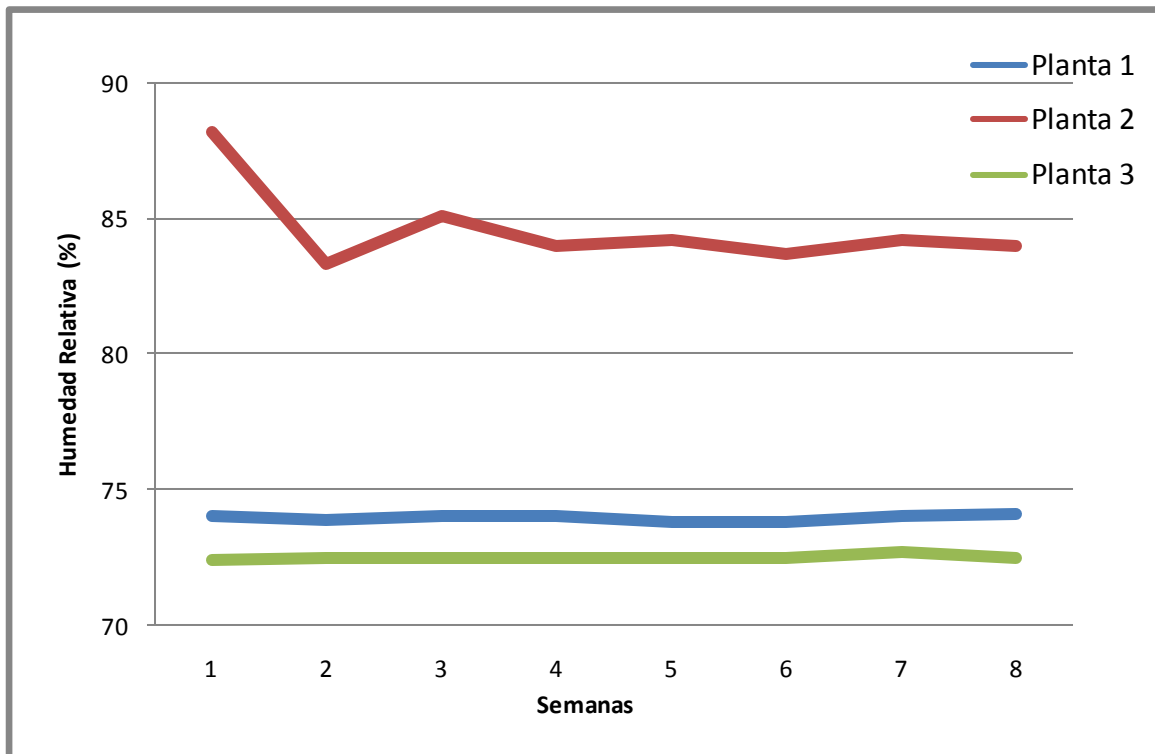


Gráfico 2. Humedad relativa en Fermentación

Paralelamente se realizó un análisis estadístico de los valores de temperatura de fermentación y porcentaje de humedad relativa de la fermentación en las tres Plantas (Tabla 7), determinado que existe diferencia significativa entre la Planta 2 con respecto a las Plantas 1 y 3 en ambas variables.

Tabla 7. Análisis de varianza para las variables de fermentación en las Plantas productoras

Variabes		Diferencia significativa¹³
TEMPERATURA DEL CUARTO DE FERMENTACIÓN	PLANTA 1 vs PLANTA 3	No
	PLANTA 1 vs PLANTA 2	Si
	PLANTA 2 vs PLANTA 3	Si
HUMEDAD RELATIVA DEL CUARTO DE FERMENTACIÓN	PLANTA 1 vs PLANTA 2	Si
	PLANTA 1 vs PLANTA 3	No
	PLANTA 2 vs PLANTA 3	Si

A pesar de estas diferencias, se infiere que la fermentación se lleva a cabo en las tres diferentes plantas, en general de manera satisfactoria. Incluso con las deficiencias encontradas en la infraestructura y variación de condiciones ambientales de un lugar a otro. Es decir, las diferencias en las condiciones no son determinantes para resolver el problema de calidad de la galleta. Solo sugerimos algunas modificaciones en las instalaciones, y si esto no fuera factible a corto tiempo, bastará con el monitoreo cercano del tiempo de fermentación, debido a la aceleración de la cinética de la fermentación a causa de las altas temperaturas y humedades ambientales.

¹³ Con valor $P < 0.001$

Tabla 8. Recopilación de datos etapa de Horneo

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Promedio
PLANTA 1 DF									
Temp Z1 (°C)	248	288	248	288	288	248	288	248	268.0
Temp Z2 (°C)	300	340	300	340	340	300	340	300	320.0
Temp Z3 (°C)	240	308	240	308	308	240	308	240	274.0
Temp Z4 (°C)	230	269	230	269	269	230	269	230	249.5
PLANTA 2 TABS									
Temp Z1 (°C)	180	232	180	231	180	231	231	231	212.0
Temp Z2 (°C)	208	221	208	221	208	221	221	221	216.1
Temp Z3 (°C)	220	230	220	230	220	230	230	230	226.3
Temp Z4 (°C)	200	265	200	265	200	265	265	265	240.6
Temp Z5 (°C)	190	201	190	201	190	201	200	201	196.8
PLANTA 3 GDJ									
Temp Z1 (°C)	192	231	192	231	192	231	192	231	211.5
Temp Z2 (°C)	213	221	213	221	213	221	213	221	217.0
Temp Z3 (°C)	231	230	231	230	231	230	231	230	230.5
Temp Z4 (°C)	240	265	240	265	240	265	240	265	252.5
Temp Z5 (°C)	210	201	210	201	210	201	210	201	205.5

*Se determinó el tiempo como una constante en esta etapa, ya que su variación no es significativa.

En el horno se recolectó información de los tiempos y las temperaturas de las diferentes zonas de trabajo de los hornos. Considerando el tiempo de cocción como una variable constante debido a que en la observación del proceso no se encontró diferencia significativa, valor que es marcado por cada planta según el tiempo óptimo para la elaboración del producto y validado en función al porcentaje de humedad del producto terminado que por especificación del producto deberá de ser del 4% (MM Supervisores de Calidad, 2008).

Con los datos generados en la Tabla 8 se realizó un análisis cualitativo de los datos de temperatura de las diferentes zonas de los hornos en las tres plantas, enfocándonos a la distribución y eficiencia del calor generado. Encontrando grandes y significativas diferencias que observamos de manera esquemática en el Gráfico 3.

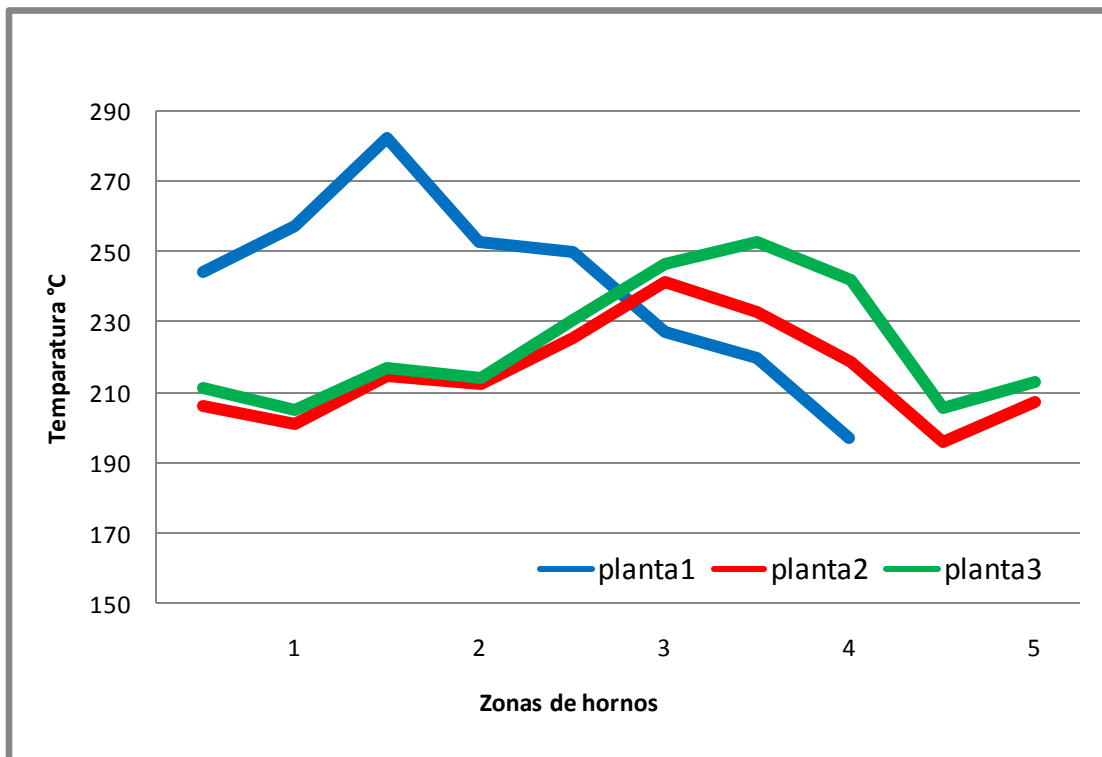


Gráfico 3. Temperaturas promedio de zonas de hornos de las tres Plantas

En el cual se observa que para el horno de la Planta 1 la operación se empieza con una temperatura alta (mayor a 240 °C) alcanzando un máximo en la zona 2 (280 °C) del horno y desciende constantemente durante el paso de las demás zonas. Comparando el comportamiento de las temperaturas de los hornos con el proceso que sufre el producto en esta etapa, existe una relación causa-efecto que ayuda a identificar las diferencias y entender el problema de fondo.

Las Plantas 2 y 3 presentan una tendencia de temperaturas muy similares atribuibles a que la maquinaria con la que cuentan ambas son similares, hornos de cinco zonas de temperatura y modelos contemporáneos. El comportamiento de las temperaturas son inicialmente bajas (210 °C) aumentando lentamente en las primeras tres zonas del horno hasta llegar a un máximo entre la zona 3 y 4 (240-250 °C) para volver a disminuir rápidamente y permanecer constante hasta el final del horneado. Encontrando aquí una de las diferencias principales del proceso que afectan la calidad final de la galleta.

Debido a los cambios que sufre el producto en la etapa de horneado, la transformación de masa a galleta son directamente afectados por las temperaturas de las zonas de los hornos y su comportamiento. En el primer caso correspondiente a la Planta 1 (Gráfico 3) una alta temperatura inicial permite el sellado de la masa de manera que al inicio del paso por el horno la humedad es reducida por la formación de una costra en la superficie, lo que disminuye la pérdida de gases producidos durante la fermentación y por consiguiente la generación de textura, con la formación de capas tipo hojaldre. Conforme avanza la disminución de temperatura favorece la cocción, perdiendo humedad lentamente y liberando los gases además de todos los cambios fisicoquímicos incluyendo la generación de color principalmente en la superficie de la galleta.

Lo que no ocurre en la tendencia marcada por las Plantas 2 y 3 (Gráfico 3). Inicialmente la temperatura es baja en comparación al proceso de horneado de la Planta 1, derivando en la no formación de una costra o

sellado en la superficie de la masa troquelada y así la humedad del producto y los gases producidos en la fermentación escapan rápidamente lo cual no permite el desarrollo del hojaldre, relación directa con la textura del producto terminado conocido coloquialmente como levante de la masa, además las condiciones no favorecen la generación de color en la superficie. Lo que en conjunto afecta la formación de textura, sabor, apariencia del producto terminado y son las causas principales de las diferencias entre los productos y las razones de este estudio.

Es importante mencionar lo que ocurre antes de la entrada de la masa al horno y así descartar alguna variación posible que afecte nuestro estudio en los hornos. La masa después del conjunto de amasados y fermentación es vaciada en las tolvas que alimentan las bandas de los hornos para la cocción del producto y aquí es importante el control de los rodillos calibradores y troqueles. En la definición de la forma del producto está regido por el control estadístico de procesos por medio del peso de la pieza, altura y diámetro descartando variación alguna.

Además se realizó un análisis de varianza Tabla 9 de las temperaturas de las diferentes zonas de los hornos con respecto a cada una de las plantas. Ya con bases estadísticas se afirma que entre las temperaturas de horneado de las diferentes plantas distribuidas de 4 a 5 zonas de temperatura, si existe diferencia significativa por lo que produce una desviación importante en el proceso afectando la calidad final de la galleta. El Gráfico 3 contiene las dos tendencias que presentan las temperaturas de los hornos en la Planta 1 que difiere de las Plantas 2 y 3 en conjunto de manera interesante. Se infiere que va ligado directamente con la calidad del producto terminado.

Tabla 9. Análisis de varianza para las temperaturas de las zonas de hornos de las diferentes Plantas productoras de galletas¹⁴.

Temperaturas de hornos		Diferencia significativa ¹⁵
ZONA 1	PLANTA 1 vs PLANTA 3	Si
	PLANTA 1 vs PLANTA 2	Si
	PLANTA 2 vs PLANTA 3	No
ZONA 2	PLANTA 1 vs PLANTA 2	Si
	PLANTA 1 vs PLANTA 3	Si
	PLANTA 2 vs PLANTA 3	No
ZONA 3	PLANTA 1 vs PLANTA 2	Si
	PLANTA 1 vs PLANTA 3	No
	PLANTA 2 vs PLANTA 3	No
ZONA 4	PLANTA 1 vs PLANTA 2	Si
	PLANTA 1 vs PLANTA 3	Si
	PLANTA 2 vs PLANTA 3	Si
ZONA 5	PLANTA 2 vs PLANTA 3	Si

Se propusieron condiciones estándar realizando una serie de pruebas y evaluar si con modificación de algunos valores en las condiciones de operación es posible llegar a nuestro objetivo principal, es decir, mejorar la calidad del producto final en las Plantas 2 y 3, tomando como buena referencia el proceso y el producto de la Planta 1.

En la Tabla 10 se muestran las condiciones stock de la Planta 1 y las condiciones de prueba recomendadas para las Plantas 2 y 3. Siendo los valores presentados leídos directamente al momento de la prueba, lo que implica la variación de estos por los diversos factores mencionados anteriormente y siendo la planta 2 la que presenta mayor variación y falta de control en las condiciones de trabajo. En el horneado se propusieron las condiciones promedio generadas en el ejercicio de monitoreo y ahora consideramos el análisis de cómo afecta la variación de la temperatura de los hornos en las diferentes

¹⁴ Este análisis estadístico está desglosado en el apéndice A.

¹⁵ Con valor $P < 0.001$

Plantas. Sin embargo, no fue posible modificar las temperaturas de las zonas de temperatura en las Plantas 2 y 3, es decir, estas pruebas no se realizaron satisfactoriamente debido a interferir en la operación de las plantas problema.

Lo que se propone para cumplir el objetivo principal del este proyecto es, modificar y corregir los hallazgos encontrados en las condiciones físicas del cuarto de fermentación de la Planta 2 y modificar la tendencia en la temperatura de horneado de las Plantas 2 y 3 de manera que el comportamiento iguale el de la Planta 1.

Tabla 10. Pruebas de estandarización en Fermentación.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
PLANTA 1 DF			
Temperatura (°C)	32.5	32.5	
HR %	74	74	
Tiempo (Hr)	24.6	25.1	
PLANTA 2 TABS			
Temperatura (°C)	29.9	32.9	
HR %	84.7	84.7	
Tiempo (Hr)	22.8	22.1	
PLANTA 3 GDJ			
Temperatura (°C)	29	31.9	33
HR %	74.5	74.5	74.5
Tiempo (Hr)	25.2	25.6	25.5

Se observaron las condiciones de trabajo en las diferentes plantas productoras, tomando en cuenta las condiciones laborales, ambientales e infraestructura de las mismas. Tratando de entender el entorno que rodea al proceso de producción, la relación entre ellas y de qué manera afectan o influyen directamente estos diferentes microambientes.

Planta 1. Se dedica exclusivamente a la fabricación de galletería, inicia operaciones en el grupo hace más de 19 años, cuenta con 300 obreros en promedio de planta que se reparten en tres turnos, mañana, tarde y noche. Los obreros que intervienen en las etapas en estudio del proceso (fermentación y horneado) tienen una amplia experiencia que rebasa los 20 años de antigüedad.

La planta 1 cuenta con 4 líneas de producción siendo la número 2 y 3 de nuestro interés para el desarrollo de este proyecto, debido a que en éstas, se trabaja de acuerdo al ritmo que nos marca las etapas de fermentación y amasado de los productos. La forma de trabajo dentro de la planta se reparte en tres zonas: elaboración, hornos y envoltura. Elaboración es donde se lleva a cabo la incorporación de ingredientes, amasado, fermentación, siendo un proceso discontinuo ya que la incorporación a la tolva para el troquelado se realiza manualmente y el tiempo que transcurre entre una operación y otra es controlado por el maestro masero para su posterior introducción al horno. Horneado es donde se lleva a cabo la cocción de nuestros productos, el horno es de banda de malla metálica y cuenta con cuatro zonas de calentamiento¹⁶, donde el maestro hornero participa de manera directa para el control de las condiciones de operación (temperaturas de los hornos), la evaluación empírica de la calidad del producto donde interviene la aprobación del supervisor de producción en turno y como punto crítico de control el porcentaje

¹⁶ Este tipo de maquinaria se describe ampliamente en el capítulo de antecedentes.

de humedad en el producto terminado. Por último está el área de empaque, donde una vez aprobado el producto final, se procede a su empaquetamiento embalaje y distribución.

Plantas 2 y 3. Son plantas con inicio de operaciones más recientes que la planta 1, ambas cuentan entre 10 y 12 años de actividad, equipos de vanguardia (entre ellos hornos de modelos más recientes de cinco zonas de calentamiento) y la mayoría de sus operaciones unitarias se encuentran automatizadas por controles electrónicos, cuentan con diferentes líneas de producción en las cuales se elaboran diferentes productos como: galletería, panificación y pastelería. La programación en la elaboración del producto de interés, galleta salada tipo cracker no es continua y su elaboración está sujeta a la demanda del mercado, temporada del año y logística en los canales de distribución. Las plantas son de similar tamaño entre sí, distribución de espacio, capacidad de producción y cada una cuenta con aproximadamente 250 obreros. El personal que se encuentra en la zona de elaboración del producto tiene que estar familiarizado con diferentes procesos de producción.

Debido a que la forma de trabajo de estas dos plantas está sujeta a la elaboración de varios procesos (panificación, pastelería y galletería) en la observación y evaluación de las condiciones de trabajo se encontró que incurren en varias malas prácticas de manufactura. Tales como sustitución de ingredientes que no se declaran en la formulación base, mezcla de utensilios como artesas, palas, charolas, etc. y falta de limpieza operacional en la línea de producción al cambio de la elaboración de algún producto (Grupo Bimbo, 2008)

Además de manera detallada se realizó una revisión visual de la maquinaria e infraestructura de las etapas en estudio, fermentación y horneado, de las tres plantas identificando las diferencias en condiciones de operación del proceso de la elaboración de la galleta que afectan la calidad final de este producto (Tabla 11). La información obtenida se recolectó en la Tabla 6, tomando en cuenta los siguientes criterios para su evaluación:

i) Cuarto de fermentación. Se realizó la revisión en base a: distribución del espacio, funcionalidad, capacidad de aislamiento. Termostato: se verificó su buen funcionamiento, midiendo manualmente la temperatura en el interior del cuarto de fermentación una vez cada 8 días durante un periodo de 8 semanas tiempo de duración del estudio. Control de humedad relativa: verificado por el proveedor autorizado tres veces a lo largo del estudio en las semanas 1, 4 y 7.

ii) Condiciones generales de los hornos: Basado en el programa de limpieza operacional realizado por los departamentos de Sanidad (Alimentaria, 2008) y reportes del Departamento de Mantenimiento preventivo y correctivo correspondiente a cada una de las Plantas (Mantenimiento, 2008).

Tabla 8¹⁷. Revisión visual de infraestructura y maquinaria en las etapas de fermentación y horneado de las tres plantas galleteras

ETAPA	FERMENTACIÓN				HORNEADO		
Planta	Cuarto de fermentación	Control de T	Control HR	OBSERVACIONES	Condiciones Generales	Control de T	OBSERVACIONES
1	BIEN	BIEN	BIEN	Se cuenta con buena distribución y capacidad para elaborar el producto de acuerdo a la demanda. El acceso se realiza a través de una puerta automatizada que permite el mantenimiento de las condiciones óptimas del proceso y los controles funcionan correctamente.	BIEN	BIEN	Cuenta con bandas de malla metálica.
2	IND	BIEN	IND	Se cuenta con buena distribución y basta capacidad. Falta de barrera aislante en el acceso, solo se cuenta con cortinas, que permiten la disipación de la temperatura y la humedad ambiental que entra del exterior. Por lo anterior la HR no es controlable.	BIEN	BIEN	Bandas metálicas tipo comal.
3	BIEN	BIEN	BIEN	El cuarto es demasiado amplio con buena distribución y puerta aislante. Los controles de T y HR funcionan correctamente.	BIEN	BIEN	Bandas metálicas tipo comal.

¹⁷ BIEN. Cumple con todos los elementos para el buen funcionamiento y elaboración de productos alimenticios. IND. No cumple con las condiciones (Bimbo, Norma de Seguridad Alimentaria, 2005) (NOM-120-SSA-1-1994, 1994)

6. CONCLUSIONES

- Se encontraron diferencias con un nivel de significancia del 1% en las condiciones de operación entre las Plantas productoras de la galleta salada tipo cracker, en las etapas de fermentación y horneado, lo que genera productos terminados no homogéneos.
- Se realizó un monitoreo semanal de las etapas de fermentación y horneado, que nos permitió la recolección de datos y observación del proceso para su posterior análisis.
- En la revisión de la infraestructura, se encontró en la Planta 2 falta acondicionamiento del cuarto de fermentación, se sugiere la colocación de una barrera aislante en la entrada que permita el mantenimiento óptimo de las condiciones de temperatura y humedad relativa.
- En la revisión a la maquinaria como los hornos (Planta 1 cuatro zonas de temperatura y Plantas 2 y 3 cinco zonas de temperaturas) se concluye que su manejo, eficiencia y distribución del calor puede ajustarse de manera manual, para corregir las diferencias que se generan en el producto terminado en esta parte del proceso.
- Se detectaron malas prácticas de manufactura en torno a la elaboración de la galleta. Éstas se encontraron en operaciones alternas a las etapas del proceso en estudio, que si bien no son críticas para la generación de desviaciones en la calidad del producto, si pueden viciar el proceso.
- Se llevaron a cabo pruebas de estandarización en la etapa de fermentación, haciendo juego de las variables en estudio. Sin embargo, los resultados concuerdan con lo mencionado respecto a que esta etapa no es determinante al problema planteado. Y que se lleva a cabo satisfactoriamente en un amplio rango de valores siempre y cuando cumplan las condiciones mínimas de trabajo para este proceso.

7. BIBLIOGRAFIA

- Anon, R. J. (1966). *Chemistry and Industry*.: W. & R. Jacob & Co. Ltd. Londres, Reino Unido.
- Cahn, W. (1969). *Out of the Cracker Barrel*. Simons and Schuster. New York, EUA
- Calaveras, J. (2004). *Nuevo tratado de Panificación y Bollería*. Madrid, AMV Ediciones. Zaragoza, España.
- Corporativo Grupo Bimbo S.A de C.V. (2008) Reporte de Auditoría Interna, Sistema Básico de Operaciones. México
- Dictionary, Concise Oxford*. Oxford(1975), Clarendon Press. Oxford, Reino Unido:
- Duncan, M. (1989). *Tecnología de la Industria Galletera*. Editorial Acribia.Zaragoza, España.
- Earth, G. (30 de Septiembre de 2008). *Google Earth*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2009, de Google Earth: <http://earth.google.es/>
- Española, R. A. (2005). *Real Academia de la Lengua Española*. Recuperado el 30 de Octubre de 2009, de Real Academia de la Lengua Española: <http://www.rae.es/rae.html>
- Fennema, O. (1993). *Química de los Alimentos* Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Grupo Bimbo S. A de C.V. (2005). *Norma de Seguridad Alimentaria*. México.
- Grupo Bimbo S.A. de C.V. (2008). *Reporte de auditoria interna del sistema basico de operaciones*. México.
- Hoseney, C. (1991). *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*.Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Lexus. (2006). *Diccionario de Inglés*, Lexus Editores.España.
- Marinela México (2008), Manual de Seguridad Alimentaria. Plan maestro de limpiezas operacionales Línea Galletera 2, México.
- Marinela México, Aseguramiento de Calidad (2008). *Manual de Formulas. Galletas Saladas tipo cracker*, México.
- Marinela México, Supervisores de Calidad (2008). *Procedimiento de elaboración Galleteria línea 2*. México.
- Marinela Sureste, Mantenimiento. (2008). *Programa de mantenimiento correctivo*. México.

Microsoft Corporation (2006). *Encarta Premiun 2006*. EUA

NOM-120-SSA-1-1994. (1994). *Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos y bebidas no alcohólicas*. México.

Serna, S. O. (2001). *Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales* : A.G.T.Monterrey, México

Wade, P. (1988). *Biscuits, Cookes and Crackers, Vol.1*. Elsevier Applied Science Publisher. Inglaterra

Wikipedia. (28 de agosto de 2009). Recuperado el 20 de Agosto de 2009, de Wikipedia:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Triticum>

Wilson, C. (1984). *Food and Drink in Britain*. Harmondsworth, Penguin Book Ltd. Reino Unido

www.inegi.gob.mx. (30 de Julio de 2009). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 30 de Julio de 2009, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía:
<http://www.inegi.org.mx/inegi/>

Apéndice A

ZONA 1

One Way Analysis of Variance Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:16:35 p.m

Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:16:35 p.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Group	N	Missing	Median	25%	75%
PLANTA 1	9	1	268.000	248.000	288.000
PLANTA 2	9	1	231.000	180.000	231.000
PLANTA 3	9	1	211.500	192.000	231.000

H = 16.191 with 2 degrees of freedom. (P = <0.001)

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey T test):

Comparison	Diff of Ranks	q	P<0.05
PLANTA 1 vs PLANTA 3	96.000	4.800	Yes
PLANTA 1 vs PLANTA 2	96.000	4.800	Yes
PLANTA 2 vs PLANTA 3	0.000	0.000	No

ZONA 2

One Way Analysis of Variance Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:17:47 p.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:17:47 p.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Group	N	Missing	Median	25%	75%
PLANTA 1	8	0	320.000	300.000	340.000
PLANTA 2	8	0	221.000	208.000	221.000
PLANTA 3	8	0	217.000	213.000	221.000

H = 16.484 with 2 degrees of freedom. (P = <0.001)

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey T est):

Comparison	Diff of Ranks	q	P<0.05
PLANTA 1 vs PLANTA 2	98.000	4.900	Yes
PLANTA 1 vs PLANTA 3	94.000	4.700	Yes
PLANTA 3 vs PLANTA 2	4.000	0.200	No

Note: The multiple comparisons on ranks do not include an adjustment for ties.

ZONA 3

One Way Analysis of Variance Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:18:37 p.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:18:37 p.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Group	N	Missing	Median	25%	75%
PLANTA 1	9	0	240.000	240.000	308.000
PLANTA 2	9	0	230.000	220.000	230.000
PLANTA 3	9	0	231.000	230.000	231.000

H = 17.941 with 2 degrees of freedom. (P = <0.001)

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey T est):

Comparison	Diff of Ranks	q	P<0.05
PLANTA 1 vs PLANTA 2	138.000	5.795	Yes
PLANTA 1 vs PLANTA 3	70.500	2.961	No
PLANTA 3 vs PLANTA 2	67.500	2.835	No

Note: The multiple comparisons on ranks do not include an adjustment for ties.

ZONA 4

One Way Analysis of Variance Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:19:33 p.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:19:33 p.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Group	N	Missing	Median	25%	75%
PLANTA 1	9	0	240.000	230.000	269.000
PLANTA 2	9	0	265.000	200.000	265.000
PLANTA 3	9	0	240.000	240.000	265.000

H = 1.045 with 2 degrees of freedom. (P = 0.593)

The differences in the median values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.593)

ZONA 5

One Way Analysis of Variance Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:21:17 p.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks Miércoles, Octubre 07, 2009, 12:21:17 p.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Group	N	Missing	Median	25%	75%
PLANTA 2	8	0	200.500	190.000	201.000
PLANTA 3	8	0	205.500	201.000	210.000

H = 7.423 with 1 degrees of freedom. P(est.)= 0.006 P(exact)= 0.010

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = 0.010)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparison	Diff of Ranks	q	P<0.05
PLANTA 3 vs PLANTA 2	48.000	3.565	Yes

Note: The multiple comparisons on ranks do not include an adjustment for ties.