



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL

REVISIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES AL
PROBLEMA DE VARIACIÓN EN LAS
CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE GALLETAS
TIPO CRACKER.

AUTOR

Luisa Fernanda Echeverry Riveros.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN
EN GESTIÓN
DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2014

**REVISIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES AL PROBLEMA DE
VARIACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE
GALLETAS TIPO CRACKER.**

LUISA FERNANDA ECHEVERRY RIVEROS.

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Gestión de la Innovación Tecnológica**

Director

**ANDRÉS FELIPE ÁVALOS PATIÑO
MSc. Gestión Tecnológica**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN
EN GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN**

2015

Agosto 6 de 2015

Yo, LUISA FERNANDA ECHEVERRY RIVEROS

Declaro que esta tesis (o trabajo de grado) no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad” Art 82 Régimen Discente de Formación Avanzada.



cc: 41'961553

FIRMA Y CÉDULA

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

Medellín,

Contenido

1.	MARCO TEORICO	13
1.1	FACTORES CRÍTICOS DE HORNEO.....	19
2.	RESULTADOS.....	22
2.1	VIGILANCIA- PANORAMA GENERAL.....	22
2.2	VIGILANCIA- FACTORES CRITICOS.....	28
2.2.1	COLOR.....	28
2.2.2	RESISTENCIA.....	32
2.2.3	HUMEDAD.....	36
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40
3.1	VIGILANCIA- PANORAMA GENERAL.....	40
3.2	VIGILANCIA- FACTORES CRITICOS.....	41
3.2.1	COLOR.....	41
3.2.2	RESISTENCIA.....	42
3.2.3	HUMEDAD.....	42
4.	PROPUESTAS	43
4.1	COLOR	43
4.2	RESISTENCIA.....	44
4.3	HUMEDAD	44
	CONCLUSIONES	46
	BIBLIOGRAFÍA	48

Lista de Figuras.

Figura 1 Galleta tipo Cracker (Grupo Nutresa S.A, 2015).	13
Figura 2 Forma típica de la laminación horizontal (Manley D. J., 1989).....	15
Figura 2 Modelo de un sistema de moldeo de masa para galletas Crackers (Middleby, 2014) 16	
Figura 3 Horno Industrial a Fuego Directo para galletas tipo Crackers (IMAFORNI INT'L S.p.A)	18
Figura 4 Esquema de pruebas de Flexión (Castro M & de Hombre M, 2007).....	21
Figura 5 Dinámica de publicaciones	23
Figura 6 Principales autores.	23
Figura 7 Principales Instituciones.	24
Figura 8 Principales países de publicación.	25
Figura 9 Dinámica de publicaciones con Illumin8	26
Figura 10 Participación de organizaciones en las publicaciones.....	27
Figura 11 Participación de compañías en las publicaciones.....	28
Figura 12 Principales compañías y temas de investigación asociados para la variable color... 29	
Figura 13 Principales autores para la variable color	29
Figura 14 Distribución de información por región para la variable color.	30
Figura 15 Dinámica de publicaciones y principales subtemas desarrollados para la variable color.....	31
Figura 16 Dinámica de patentes para la variable color.	31
Figura 18 Principales compañías y temas de investigación asociados para la variable resistencia.....	33
Figura 18 Principales autores para la variable resistencia.	33
Figura 19 Distribución de información por región para la variable resistencia.	34
Figura 20 Dinámica de publicaciones para la variable resistencia.	35
Figura 21 Dinámica de patentes para la variable resistencia.....	35
Figura 22 Principales compañías y temas de investigación asociados para la variable humedad.....	37
Figura 23 Principales autores para la variable humedad.	37
Figura 24 Distribución de información por región para la variable humedad.	38
Figura 25 Dinámica de publicaciones para la variable humedad.	38

Figura 26 Dinámica de patentes para la variable humedad.....	39
--	----

Lista de Tablas.

Tabla 1 Síntesis de documentos relacionados con la variable color.....	32
Tabla 2 Síntesis de documentos relacionados con la variable resistencia.....	36
Tabla 3 Síntesis de documentos relacionados con la variable humedad.....	39

Lista de Ecuaciones.

Ecuación 1 Fuerza de fractura para barras uniformes con sección transversal rectangular.	21
Ecuación 2 Fuerza de Fractura para barras uniformes con sección transversal circular.....	22

RESUMEN

En éste documento se encuentran los resultados de un análisis realizado a través de la vigilancia tecnológica, para resolver el problema del estado final y presentación al consumidor de las galletas tipo cracker, para una fábrica galletera de Colombia. El análisis se hace de comparaciones entre el estado actual del horneo y tipo de tecnología empleada y lo que actualmente se utiliza en el mercado y en otras empresas del mundo dedicadas a la fabricación de galletas de éste tipo o similar. Para efectos de limitación en el alcance y efectividad en los resultados, se tomaron en cuenta sólo las características principales de calidad deseadas por el consumidor para las galletas tipo crackers, las cuales finalmente son las determinantes en la investigación.

Con éste informe se pretende exponer el estado de investigación de la tecnología de horneo y características de las galletas tipo crackers, con el objetivo de poder identificar posibles soluciones a problemas presentados durante la elaboración de las crackers en una industria colombiana. Para ello se presenta un estudio de las patentes, artículos científicos y desarrollos de investigación con respecto a la tecnología de las galletas tipo crackers.

El informe presenta conceptos generales y estado actual de la elaboración de las crackers, abarcando no sólo el horneo, sino los procesos anteriores tal como la elaboración de la masa; con la idea de recrear las variables que influyen en el desarrollo de la galleta y facilitar el análisis de la información encontrada en las bases de datos, las cuales muestran la dinámica de las publicaciones, los países en donde se desarrollan y las tendencias tecnológicas, así como los líderes e interesados en los desarrollos.

El estudio se centró en el tema clave del proceso de horneo y la influencia en las características descriptivas y sensoriales de la galleta, tales como: humedad, color, resistencia. Para cada tema se realizó la búsqueda de artículos científicos y patentes, mediante la base de datos de Scopus, se presentan las dinámicas de publicaciones del tema desde el año 2000 hasta la actualidad, las tendencias en patentes, y de ello se analizan los autores, las fuentes, instituciones y países, así como las principales conclusiones de cada uno.

Palabras Claves: vigilancia tecnológica, características principales de calidad, galletas crackers, bases de datos, artículos científicos, investigación, Scopus.

INTRODUCCIÓN

El mercado de las galletas, indiferente del segmento, se ve comprometido con las nuevas características que definen el perfil de los consumidores. Si bien las industrias han evolucionado en maquinaria, en tecnología para procesos eficientes, en modelos de productividad e innovación; los consumidores de una u otra forma han hecho lo mismo, han evolucionado en la exigencia de los ingredientes que quieren ver en los productos finales, en las calorías que desean consumir, en la presentación de los productos y en el momento de consumo que debe estar orientado a sus necesidades y estilos de vida, y especialmente en lo que respecta a la calidad del producto. Este punto es neurálgico para las industrias galleteras y más aún para las que fabrican galletas tipo crackers, debido a sus características variables, procedentes de fallas en el horneo, en las masas, o sencillamente en las condiciones climáticas que afecten el estado de calor del horno. Dichas características deben ser debidamente estudiadas y sobre todo conocidas desde su origen, para así contrarrestar su efecto. Pero se sabe que no todas son manejables desde las condiciones o técnicas de horneo y flujo de calor, algunas necesitarán otros esfuerzos como por ejemplo actualizaciones tecnológicas o bien cambios estructurales en el proceso de fabricación. Éste es el punto que despejará la investigación mediante la vigilancia tecnológica y concluirá las condiciones orientadas a asegurar el producto que busca un consumidor de galletas tipo crackers.

El ejercicio de vigilancia se desarrolló mediante la investigación de patentes, artículos y *reviews*, así como documentos de interés científicos que permitiera concluir acciones acerca de las características sensoriales de la galleta. Para mejorar los resultados de las búsquedas se utilizaron dos fuentes: *Illumin8* y *Scopus*, de esta manera se logra ampliar las posibilidad de encontrar datos sensibles para el proceso de horneo de las galletas tipo crackers. Las búsquedas se basaron en encontrar resultados tecnológicos acerca de las técnicas de horneo o condiciones del proceso que permitan manejar los resultados de las características sensoriales de las crackers.

Para la clasificación de la información y la relevancia de los resultados, se contó con personal experto en la fabricación de las galletas tipo crackers, y además se vincularon en la presentación de los resultados, facilitando el contenido y el ciclo de la vigilancia. Entre los resultados se encuentran patentes, artículos y documentos científicos en general.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las industrias productoras o procesadoras de alimentos buscan entre su misión y visión el satisfacer las necesidades de nutrición de sus consumidores, pero el poder cumplir ésta meta, es mucho más complejo que plasmarlo en las estrategias de la compañía; si se pone como ejemplo el caso de una industria galletera, y su línea de productos crackers, los consumidores comúnmente buscan en el producto una textura crocante, que de la sensación de frescura y de estar acabada de hornear, buscan un sabor característico, no muy salado y con un color uniforme con respecto al tipo de galleta, y sobre todo a lo prometido por la marca, dentro de éste complejo estado óptimo de calidad, se la juegan factores como la humedad, color de horneado, tamaño y ancho de la galleta, y sabor. La satisfacción del cliente no es para nada básica y obliga al proceso de elaboración a ser riguroso y controlado para que el resultado final sea aprobado y disfrutado por el cliente. Cuando el producto cumple plenamente las condiciones, se espera la recompra y el consumo masivo, de otra forma es difícil que el producto logre posicionarse en el mercado y genere las ganancias esperadas

Por ésta razón se debe tener un control conocido y absoluto sobre las variables que juegan un papel determinante en el estado final de la galleta, pero ésta necesidad de control, tiene un grado de dificultad alto, que exige a las empresas capacidad sensorial, conocimiento de condiciones de horneado, hornos y tipos de masas, así como de avances tecnológicos que permitan reducir los riesgos e impactar positivamente el resultado. Es acá donde el problema surge y se tornó necesario realizar la investigación o vigilancia tecnológica que permita encontrar respuestas y posibles soluciones a problemas recurrentes que generan desviaciones durante el proceso y por consecuencia en la calidad y apariencia de la galleta.

JUSTIFICACIÓN

Las oportunidades de ganar mayor participación en el mercado nacional, en gran medida se ven afectadas por el hecho de que un producto pueda tener características sensoriales diferentes como resultado del proceso de producción, y constituye un alto riesgo para la fidelización de los consumidores, a quienes se les ha hecho la promesa de obtener el producto con las mismas características que desean cada vez que lo compran y no cumplir esta promesa afectara el nivel de preferencia del consumidor por la marca que la empresa le ofrece.

Por otro lado si se analiza el impacto al costo de producción, debido a las desviaciones en las características sensoriales de la galleta, se hace evidente la necesidad de obtener una técnica más elaborada y formalizada de horneado y procesamiento de las masas, así

como la caracterización del comportamiento de las variables a lo largo de la cadena de horneado. Éste proyecto entregará información que servirá de *input* para la identificación y posterior adopción de la solución al problema de variación de las características sensoriales entre las galletas tipo crackers. Posiblemente el ejercicio de vigilancia demuestre que es necesaria la aplicación de otras herramientas de gestión de innovación que involucren de forma activa otros agentes del proceso, como proveedores y clientes.

METODOLOGÍA

Para el ejercicio de vigilancia tecnológica primero se realizó una exploración en el proceso productivo de galletas sodadas o tipo cracker en una industria galletera de Colombia, así observar la tecnología aplicada, los equipos de procesamiento y las condiciones de la galleta comparado con el panel sensorial del producto cracker salada. Con el panorama general se procede a realizar las búsquedas en bases de datos científicas y la web, y así formar el panorama actual de la tecnología y los avances en equipos, procesos y desarrollos relacionados con el proceso de elaboración de galletas tipo crackers.

Con la información reunida se procede a analizarla y sintetizarla, según las variables claves del proceso para lograr obtener datos relevantes e información determinante en la toma de decisiones acerca de mejoras o cambios de procedimientos, para la elaboración de las galletas tipo crackers. La investigación en las bases de datos tiene una parte general y otra específica de cada variable de control, lo que permite robustecer la conclusión y relevancia de los datos obtenidos. En la parte general se tomó en cuenta todos los aspectos relacionados al proceso de horneado, incluyendo la elaboración de la masa, ya en el proceso de análisis es que se realiza el filtro de la información. Para la parte específica se obtuvo una ecuación de búsqueda más compleja que sirviera para clasificar de una forma más detallada la información relevante de la que no iba a aportar en la investigación.

Una vez analizados los resultados, se procede a la elaboración de las conclusiones y entregables de la investigación. Como se mencionó anteriormente, son el *input* para el trabajo de investigación de la fase posterior en el cual se tomarán otros aspectos del horneado que no se tuvieron en cuenta para éste análisis, debido al alcance definido por las partes interesadas. Con la recopilación de toda la información se tomarán decisiones de inversión e implementación en la empresa.

A continuación se muestra la ficha técnica de la investigación:

FICHA TÉCNICA

Tema	Revisión posibles soluciones al problema de variación en las características sensoriales de las galletas tipo crackers
Fecha inicio	Octubre 2013
Estudiante	Luisa Fernanda Echeverry Riveros Especialización Gestión de la Innovación tecnológica
Bases de datos	Scopus, Freepatentonline, Wipo
Buscadores	Scopus, illumin8
Fecha final de búsqueda	Enero 2014

1. MARCO TEÓRICO

GALLETAS CRACKER SODADAS

Las galletas cracker sodadas, básicamente son galletas con recetas que incluyen soda y reacciones alcalinas después de la cocción. Típicamente las galletas cracker sodadas, son cuadradas de unos 50 x 50 mm y 4 mm de espesor; cada galleta puede pesar entre 3 o 3,5 g, y la humedad estará situada en un 2,5% (Manley D. J., 1989). Las expectativas con respecto a estas galletas es que sean escamosas de un nivel de color más bien pálido con tonos más oscuros en sus ampollas, estructura básica crocante, de aspecto salado suave, fácil de agrietar por los puntos de corte, no debe ser exageradamente plana, sino por el contrario conservar un equilibrio entre la base y el desarrollo de las ampollas, son ideales como snack o para reemplazar en diversos escenarios el pan (Lakshmi, 2010).



Figura 1 Galleta tipo Cracker (Grupo Nutresa S.A, 2015).

PREPARACIÓN DE LA MASA:

El gran secreto de éxito en la preparación de las masas para galletas tipo cracker está en la fermentación, ya que todas requieren de una fermentación larga. Generalmente la fermentación se realiza en dos etapas, la primera es una etapa de esponje a base de agua, que puede durar alrededor de 18 horas, la segunda es más corta, puede durar 4 horas y es sólo de reposo. La razón principal de la fermentación larga es afinar el sabor y desarrollar bien las proteínas de la masa. Comúnmente en el proceso de fermentación de las masas de galletas crackers se olvidan los problemas latentes del régimen enzimático y la microflora, lo que produce efecto no deseables en el producto final tal como, galletas con calibre y peso no adecuado; es poco frecuente que en su proceso se controlen los niveles de bacterias y hongos, a pesar que las bacterias lácticas son particularmente importantes para el sabor de las cracker, finalmente lo que si controlan es el PH en todo el proceso y al momento de adicionar el bicarbonato, debido al cambio brusco en las condiciones alcalinas de la masa, y se controla debido a que las galletas crackers deben ser alcalinas en el momento de la cocción y tienen un PH entre los 7,5 y 9,0. Por tanto el

proceso de fermentación de las masas para cracker no tienen su tecnología de fabricación a base de la microbiología y el manejo de las bacterias lácticas, sino sólo en la teoría del manejo de la cantidad de agua, tiempo de esponje y control del PH (Kulp & Loren, 2003).

El amasado de la masa se realiza hasta lograr una consistencia clara, con el bicarbonato bien distribuido. No se debe amasar mucho ya que reduce el crecimiento de las galletas y las hace duras y muy fuertes, características distintas a las que se quieren en las crackers que son frágiles, suaves y escamosas. Una vez lograda la masa se procede a la laminación (Manley D. , 1998).

No se puede olvidar que gran parte del éxito de la masa y posteriormente de la galleta, está dado por las condiciones de calidad en el trigo y las grasas, más exactamente de sus desempeños en la fermentación y laminación de la masa, de estos procesos y resultados depende las condiciones de la galleta y al final que cumpla los protocolos de calidad como tipo cracker (Kulp & Loren, 2003).

LAMINACIÓN, CALIBRACIÓN Y CORTE:

La función de la laminadora es compactar y calibrar el trozo de masa, transformándolo en una lámina de espesor uniforme que abarque la anchura del equipo (Manley D. J., 1989). En la laminadora la masa se somete a un proceso de estrés y tensión en las estructuras del gluten¹. La lámina de masa pasa por los rodillos de calibración, que como su nombre lo indica bajan el calibre o grosor de la masa para prepararla para el corte, cada etapa de calibración agrega tensiones a la lámina de masa y no tiene tiempo de recomponerse antes de pasar a la siguiente fase (estrés de la masa). Entre el último calibrador y el corte debe por tanto haber un proceso de relajación de la masa, durante la cual la masa tiende a encogerse y a reducir las tensiones variables, preparándose para el corte y el horneado, ya que una masa estresada y tensionada que pasa por el corte afecta el tamaño de la galleta después de horneada, y tenderá a engrosar y a la desigualdad en longitud. El corte no solo fragmenta la masa, sino que también da la forma y los orificios del diseño de la galleta. Pero aún en esta etapa sigue siendo crítica la composición de la masa y su estado en temperatura, si la masa pierde grados con respecto a su temperatura de corte ideal, el resultado final en el horneado de la galleta no será el esperado (Manley D. , 1998).

Las laminadoras automáticas cumplen tres funciones básicas en el proceso de la masa, primero produce una lámina de masa más homogénea que la que se encuentra en la tolva y la que sale de los dos rodillos aplanadores que la reciben, segundo, gira la masa plegada 90° para igualar las tensiones sobre la masa en dos direcciones, y tercero, pasa

¹ Gluten: proteína fuerte producto de la gliadina y glutamina al tener contacto con el agua. El gluten es propio de cereales como el trigo, el centeno, la avena y la cebada.

de nuevo la masa por rodillos y plegadores para realizar un importante trabajo sobre el gluten preparando la masa para la formación. En éste punto se debe recordar que la laminación cobra su principal importancia al distender las tensiones de la masa y dar firmeza a la estructura de la galleta para la cocción (Manley D. , 1998)

Laminadora horizontal: En éste tipo de laminadora, la masa se lamina y se calibra de forma horizontal y en unidades repartidas antes de la plegadora, esto se puede visualizar en la figura 1. Es útil debido a que da la opción de implementar más de una plegadora si es necesario, comúnmente se utilizan dos plegadoras y dos laminadoras de tres rodillos. Industrialmente también se utilizan sistemas mixtos, que tienen una primera etapa de laminación vertical y para las capas finas una laminación horizontal (Manley D. J., 1989).

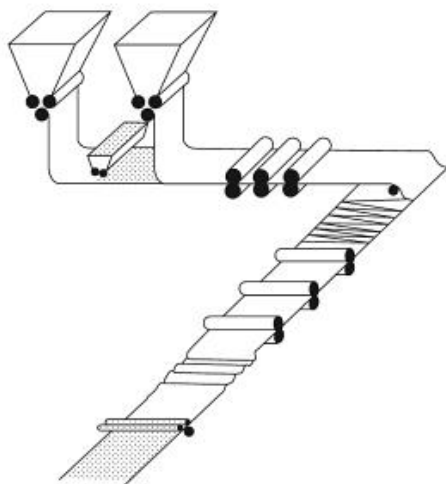


Figura 2 Forma típica de la laminación horizontal (Manley D. J., 1989).

El proceso de laminación es muy importante para darle la textura y sensación escamosa a las galletas crackers; pero el número de laminaciones necesarias sobre la masa no está determinado de manera teórica, las condiciones de laminación y el número de laminaciones necesarias se ha determinado típicamente de forma experimental, un número bajo de laminaciones produce fragilidad e irregularidad en la estructura de la galleta, y un número muy alto, produce asentamiento y falta del calibre deseado en las mismas. Tampoco se debe olvidar que el proceso de laminación requiere controles desde su antesala, principio y fin; una buena alimentación de la masa, la recuperación y reincorporación de los excesos de masa también son fundamentales en los resultados (Qia, Daia, Newberry, Love, & Tanner, 2008).

Rodillos calibradores: Los rodillos calibradores suelen ser de acero macizo y generalmente se utiliza en pareja, para el caso de las galletas crackers suelen haber tres

o más. Todos los rodillos de calibración deben tener sistemas de control para ajustar el calibre deseado en la lámina de masa, no se sugiere restrictivamente que la pareja de rodillos esté alineada, en ocasiones se obtienen ajustes más finos con rodillos ligeramente desfasados, es muy importante tener en cuenta que el calibre de la masa que sale de un par de rodillos calibradores siempre es un poco más gruesa que la ranura por donde pasó por los rodillos, esta propiedad es propia de la elasticidad de la masa, el estrés de la misma y el gluten. Estos sistemas requieren ajustes finos y constantes, una descalibración entre los rodillos son consecuencia directa sobre el calibre de la galleta y en ocasiones los ajustes son difíciles de lograr y generan impactos altamente negativos en la producción. Es muy frecuente que la masa sea ligeramente más gruesa en el centro que en los extremos lo que puede generar irregularidades en el color y crocancia de las galletas a lo ancho, así como en los pesos (Engmann, Peck, & Wilson, 2005).

Corte: La laminación de una galleta requiere además del proceso de calibración, un corte de los tramos de masa que van ingresando a los rodillos moldeadores. La masa una vez se encuentre con la textura y calibre que se requiere para las especificaciones del producto, pasa por una cuchilla que realiza los cortes finos de la masa y el transportador la lleva hasta el sistema moldeador (Fellows, 2000).

Moldeador: El sistema moldeador para las galletas crackers, consta de un rodillo con la forma o grabado que se le quiere dar a la galleta, y un rodillo de goma que amortigua la presión sobre la masa y el relieve del rodillo (Fellows, 2000). Ver figura. 2.

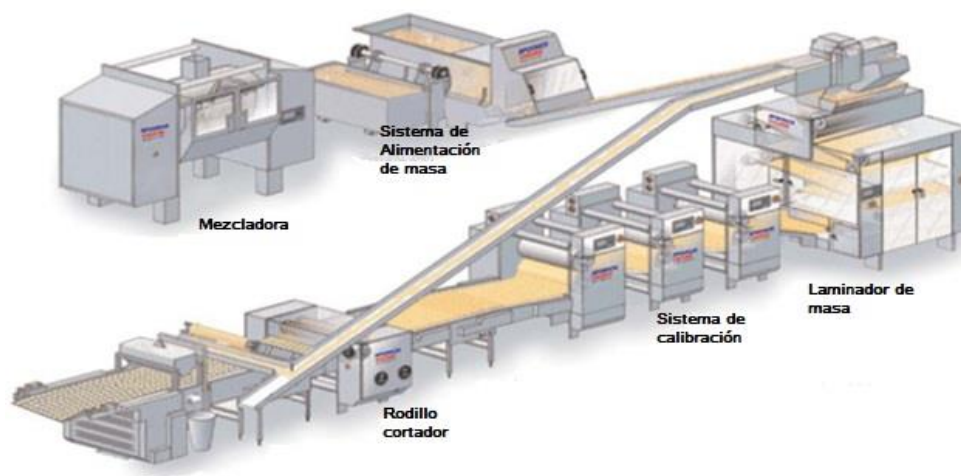


Figura 3 Modelo de un sistema de moldeo de masa para galletas Crackers (Middleby, 2014)

HORNEO:

Los procesos de horneado de galletas son operaciones complejas que involucran fenómenos de transporte, transferencia de masa y calor, y flujo de aire (Boulet, Marcos, Dostie, & Moresoli, 2010). Durante este proceso, la masa sufre transformaciones en su estructura que determinan las características del producto, sabor, color, textura, tamaño y contenido de humedad (Broyart & Trystram, 2003).

La transferencia de calor es el movimiento de energía de un punto a otro en virtud de una diferencia de temperatura. Es necesario entender los mecanismos de transferencia de calor, para conocer las limitaciones de los sistemas de calentamiento que lleven a adoptar prácticas que superen estas limitaciones (Toledo, 2007).

El calor puede transferirse por los siguientes mecanismos:

Conducción: El calor se transfiere entre dos sólidos en contacto

Convección: El calor es transferido por el movimiento de partículas de un punto a otro, involucrando un fluido como medio de transferencia.

Radiación: El calor es transferido sin involucrar un medio de transferencia.

De acuerdo a esto, en los hornos industriales continuos, se presentan los tres fenómenos de transferencia de calor, conducción desde la banda transportadora de la masa, radiación desde las paredes del horno y de la fuente de calor, y convección desde el medio del horno, teniendo en cuenta que el efecto de convección se ve afectado por el vapor proveniente de la masa (Demirkol & Erdogdu, 2006).

Para el caso de las galletas tipo crackers, el horneado se realiza en hornos de fuego directo, lo que quiere decir que el producto durante su recorrido por el mismo se encuentra expuesto a la llama que produce el combustible y la cámara de horneado. Los hornos industriales para galletas cracker son hornos continuos y generalmente se encuentran divididos en su control y manejo de la temperatura de las zonas, por tres etapas, la primera es la etapa de desarrollo donde la galleta toma cuerpo y gana volumen, la segunda zona obtiene características de textura y pérdida de vapor de agua, y por último se encuentra la zona de color, en la cual la galleta toma el tono que se desea, tenemos el efecto de caramelización y efectos de la proteína con al cual se hace la masa. En este tipo de hornos, un alto número de quemadores con llamas se colocan directamente en la cámara de cocción u horneado. El calor se transfiere al producto principalmente por el efecto de la radiación y no tiene otro elemento considerable que lo separe del producto ya que la mayoría de estos hornos tienen mallas transportadoras que permiten el contacto con el producto y la fuente de calor, por tanto es considerado como un horno de alta eficiencia, en términos de transferencia de calor. El medio ambiente en la cámara de cocción es más húmedo que el de otros tipos de hornos, ya que la combustión del combustible genera aún más la humedad. Este ambiente húmedo impide la formación de una piel en la superficie de la masa, por lo que el producto puede expandir completamente en altura, al

tiempo que garantiza una extracción más eficiente de más humedad desde el centro de la pieza de masa. El número de quemadores instalados en la cámara de cocción depende en gran medida del tipo de producto a cocer y las características en el producto a la salida. Los hornos de crackers son los que tienen el mayor número de quemadores en la cámara de cocción, con un sistema de precalentamiento del transportador. Los combustibles gaseosos, es decir, gas natural o GLP, debe ser utilizados para estos tipos de quemadores (Cauvain & Young, 2001). Ver figura. 3.



Figura 4 Horno Industrial a Fuego Directo para galletas tipo Crackers (*IMAFORNI INT'L S.p.A*)

Los hornos de fuego directo se componen de sistemas como. Extracción, Ignición y transporte (Sanchez, 2006).

Extracción: Los hornos industriales tipo túnel, tienen al interior compuertas llamadas dámara o exclusas que permiten el paso o bien obstaculización del aire caliente que circula por el mismo. Si bien los hornos de fuego directo que son los utilizados para las galletas tipo crackers, tienen una incidencia directa de la llama con el producto, el aire de combustión y vapores de agua que se producen durante el proceso, también deben ser controlados en las diferentes zonas para asegurar el secado de la masa y posteriormente la textura y color de la galleta. Los dámetros permiten manejar el aire que va a quedarse como agente activo en el horneado de la galleta, y con la ayuda del sistema de extracción se

realiza el complemento de su control. Gracias a los ventiladores de extracción, el aire caliente que los dämpers “desechan”, son dirigidos a las chimeneas de los hornos y por supuesto extraídos a la atmósfera. El sistema de extracción tiene ventiladores extractores, tal cual lo indica su nombre, de mucha potencia, para que permita liberar eficientemente el aire y además se encuentra ubicado en la zona superior de la cámara de horneo (Ramaswamy & Marcotte, 2006) esto se puede apreciar en la figura 3.

Ignición: El sistema de ignición permite en los hornos de fuego directo la “creación” de la llama dentro de la misma, consta básicamente de unos quemadores que se encuentran estratégicamente posicionados en la zona lateral de la cámara de horneo y las bujía y válvulas que direccionan la llama y el gas combustible, que es donde se produce la chispa que se difuminará al interior del horno, permitiendo la permanencia de la llama en el proceso y con contacto de sus parrillas o mallas transportadoras del producto, para éste caso las galletas tipo crackers (Cauvain & Young, 2001).

Transporte: El sistema de transporte de un horno industrial tipo túnel, es muy sencillo, consta de una malla o cinta transportadora que lleva el producto por todas las zonas del horno. Para el horneo de galletas tipo cracker comúnmente el sistema de transporte está constituido por una malla tipo diamante, que permite la mejor cocción de la galleta debido al contacto con el fuego de una manera directa en el producto (Manley D. , 1998).

1.1 FACTORES CRÍTICOS DE HORNEO

En el proceso de horneo de galletas, se presentan simultáneamente diferentes mecanismos de transferencia de calor que finalmente dan las características al producto. Dependiendo de cada producto existen curvas de horneo propias, de manera que se obtenga el producto deseado, sin embargo, los flujos de aire y calor no se encuentran parametrizados a lo ancho de la sección transversal del horno, por lo que se generan variaciones significativas en las características físicas y sensoriales de las galletas como humedad, color y resistencia (Sakin, Kaymak-Ertekin, & Ilicali, 2009).

Adicionalmente, existen particularidades asociadas a cada horno, que hacen que un mismo producto adquiera características diferentes al ser producido en hornos distintos. Esto genera confusión en el consumidor, que espera las mismas características cada que compra un producto (Cauvain & Young, 2001).

Los procesos de horneo han sido estudiados principalmente con el objetivo de entender los mecanismos de transferencia de calor involucrados y diseñar modelos que permitan caracterizar dichos mecanismos. Sin embargo, en algunos casos se han abordado en relación con las características finales del producto horneado. En este sentido se ha estudiado principalmente dos características: Color, Humedad.

COLOR: En los productos horneados, el color superficial es una de las cualidades más relevantes (junto con el sabor y aroma) desde el punto de vista del consumidor, quien asocia esta característica con el nivel de horneo y cocción del producto. En este sentido se define “*browning*” como la formación del color típico de un producto horneado (Purlis, 2010).

Broyart, Trystram, & Duquenoy (1998) Desarrollan el primer modelo para caracterizar la dinámica del color para galletas, inicialmente definen el color en función de la temperatura y el tiempo de horneo, como variables de control en hornos continuos, encontrando que a temperaturas diferentes se puede lograr el mismo color en el producto final, cambiando la humedad del aire en la cámara de horneo, de esta manera definen finalmente un modelo en el que el color es una función de la temperatura y de la humedad relativa.

Partiendo de este modelo, Walker, Seetharaman, & Goldstein (2012) demuestran que es posible manipular el color de los productos horneados y encuentran que se puede favorecer por la inclusión de proteínas y azúcares en la formulación del producto como elementos caramelizantes.

HUMEDAD: Demirkol & Erdogdu (2006) relacionan la humedad del producto horneado con diferentes variables: las propiedades termo-físicas del medio, las características del producto (forma, tamaño, temperatura superficial), la naturaleza del fluido alrededor del producto (velocidad y turbulencia). Basados en esto, encuentran que la humedad del producto puede ser controlada desde el proceso de horneo, conociendo los mecanismos de difusión que relacionan los fenómenos de transferencia de masa con los de convección, concluyendo que hay mayor pérdida de humedad bajo convección forzada vs convección natural, a la misma temperatura de horneo; esto debido a que bajo convección natural no se alcanza a transportar suficiente vapor fuera de la superficie del producto.

RESISTENCIA: La resistencia de los alimentos procesados como las galletas está relacionada con la crocancia y textura, al momento de la degustación y consumo. En muchas industrias galleteras se basan en parámetros y ajustes de la humedad para así lograr controlar la resistencia de las galletas sodadas o crackers, logrando un efecto como consecuencia del otro (Kilcast, 2004). En los años 60 un grupo de investigadores de la General Foods Corporation desarrollaron una técnica para el análisis de la textura de los alimentos llamado *Análisis del perfil de Textura (TPA)*, utilizando un texturómetro desarrollado por la misma firma para obtener parámetros de textura y demostraron que era efectivo y comparable con el método empírico y sencillo de la degustación (Texture Technologies Corp, 2014). Bourne (1968) Fue el pionero en adaptar una máquina (Instron) para el análisis del perfil de textura. Los parámetros que se verifican en éste análisis de textura son: Dureza, Fracturabilidad, Elasticidad, Cohesividad, Adhesividad, Gomosidad y Masticabilidad.; sin embargo para el caso de las industrias galleteras la aplicación no tiene la masificación suficiente y aún se depende de métodos básicos (Kilcast, 2004).

Existen otras pruebas sobre la textura de las galletas y cereales. La muestra puede colocarse sobre un puente, con apoyo en dos puntos y la fuerza se aplica en el centro con la intención de deformar (partir, flexionar, etc) el producto; en otros, la muestra está fijada en uno de sus extremos en posición horizontal y se ejerce la fuerza en el extremo opuesto (Castro M & de Hombre M, 2007).

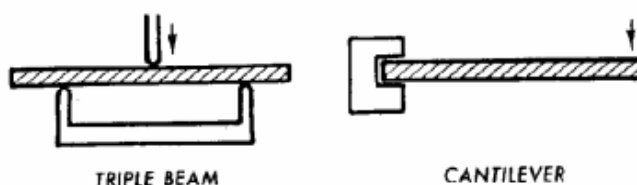


Figura 5 Esquema de pruebas de Flexión (Castro M & de Hombre M, 2007)

La primera es una prueba muy simple que puede acoplarse a cualquier tipo de texturómetro y se utiliza fundamentalmente para determinar las propiedades de “crujencia” en productos secos de cereales o bien en vegetales frescos. El Struct-0-Graph que introdujo en el mercado la Compañía Brabender, se basa en este principio y se utiliza para medir la fuerza de fractura de productos quebradizos (Castro M & de Hombre M, 2007).

Con el segundo tipo de prueba, se reportan pocos trabajos realizados en los últimos años a pesar de que existen algunos instrumentos basados en este principio entre otros el medidor de textura para papas fritas donde la fuerza que actúa es la gravedad. Los productos crujientes se caracterizan por una textura rígida a la flexión que se rompe rápidamente una vez que se alcanza la “fuerza de fractura” (Castro M & de Hombre M, 2007). Bruns & Bourne (1975) después de un análisis de la teoría matemática de la ingeniería, derivan una ecuación para medir la “fuerza de fractura” de barras uniformes con sección transversal rectangular:

$$F = 2/3 \sigma b h^2 / L$$

Ecuación 1 Fuerza de fractura para barras uniformes con sección transversal rectangular.

Dónde: F es fuerza de fractura; σ es esfuerzo de fractura; b es ancho del puente; h es el espesor de la muestra y L es la longitud del puente entre los soportes.

Si la muestra es de sección transversal circular, de radio R, la ecuación sería:

$$F = \sigma \pi R^3 / L$$

Ecuación 2 Fuerza de Fractura para barras uniformes con sección transversal circular.

En los ensayos realizados con un texturómetro y esta prueba, se aprecia un rápido incremento de la fuerza hasta un punto máximo donde se fractura el material y la fuerza disminuye inmediatamente después de este punto, lo cual denota características crujientes en los productos. (Castro M & de Hombre M, 2007)

Debido a la complejidad del uso de los métodos y los texturómetros, las industrias prefieren la determinación de la resistencia y punto adecuado de textura mediante pruebas sensoriales, con lo cual este tipo de tecnologías en el tiempo no han evolucionado significativamente (Kilcast, 2004).

2. RESULTADOS

2.1 VIGILANCIA- PANORAMA GENERAL

Para realizar el ejercicio de vigilancia tecnológica se siguió la metodología propuesta por (Sánchez & Palop, 2006). Se realizó la planeación del ejercicio, teniendo en cuenta la identificación de factores críticos de vigilancia (FVC), sobre los cuales se realizaron preguntas clave. Posterior a esto se desarrolló la etapa de búsqueda, partiendo de la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos Scopus: **(TITLE-ABS-KEY(crackers) AND ALL(baking) AND ALL(oven))**

En la figura 5 se presentan los resultados de las publicaciones encontradas para esta búsqueda:

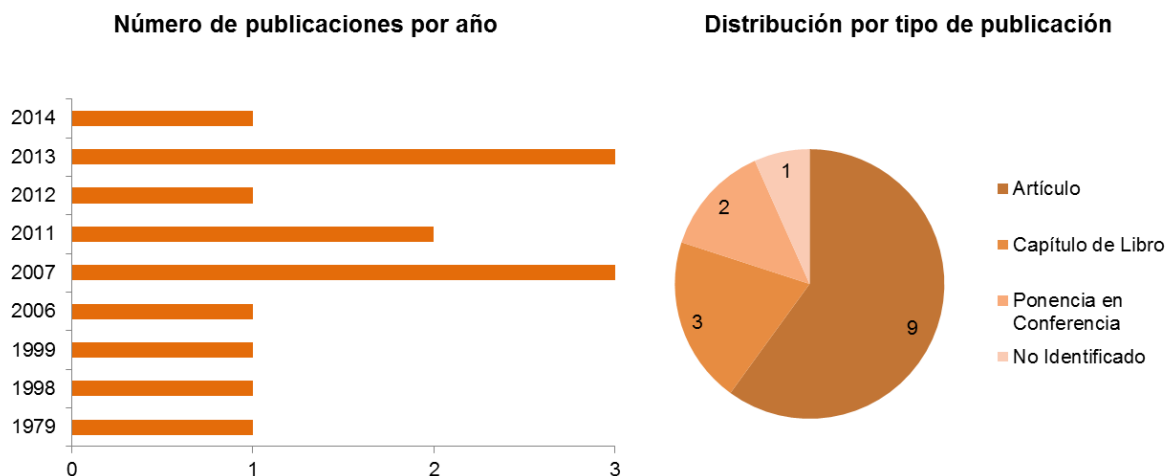


Figura 6 Dinámica de publicaciones

En la figura se observa que las publicaciones acerca del tema, no tienen un crecimiento constante, ni una tendencia y existen años sin publicaciones, además en ninguno de los años ha sido significativo el número de publicaciones de los resultados obtenidos en la base de datos Scopus.

En la Figura 6 se muestran los autores más relevantes y el número de publicaciones de las que participan.



Figura 7 Principales autores.

De manera similar a lo ocurrido con las publicaciones por año, no se identifica un autor que se destaque de manera significativa con respecto a los demás en cuanto a la cantidad de publicaciones.

En las Figuras 7 y 8 se muestran las publicaciones clasificadas por Institución u Organización y por países respectivamente. En el caso de las Instituciones, nuevamente se encuentra que no existe una que se diferencie de manera significativa en número de publicaciones. Al clasificar las publicaciones por países, el país con mayor volumen de publicaciones es Estados Unidos, aclarando que el número como tal no es tan revelador, sin embargo permite observar una tendencia.

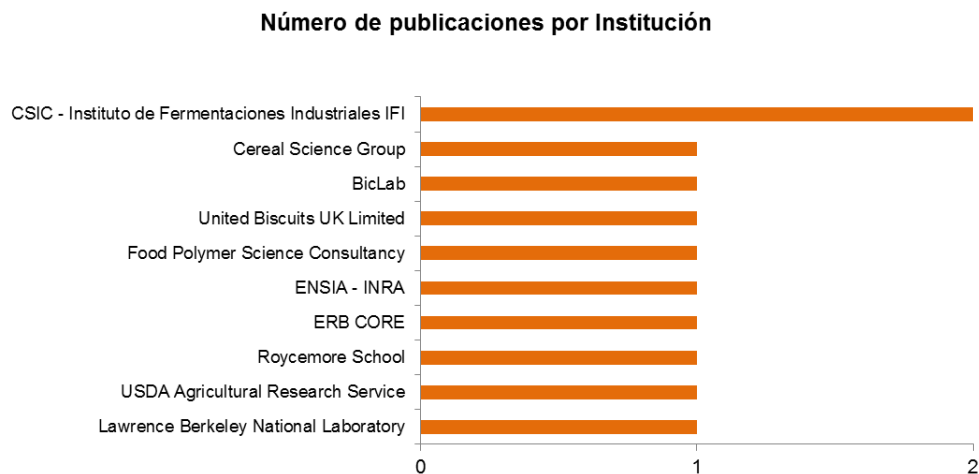


Figura 8 Principales Instituciones.



Figura 9 Principales países de publicación.

Como parte de la etapa de búsqueda de información, se buscaron resultados de patentes, artículos científicos, *reviews*, entre otros, con Illumin8, y de ésta forma ampliar los resultados, y conclusiones de las búsquedas.

Teniendo en cuenta que la estructura de búsqueda de Illumin8 permite iniciar con una búsqueda general y posteriormente hacer filtros que orienten a resultados específicos, se planteó la búsqueda inicial con los siguientes términos: **baking oven**; posteriormente los resultados se depuraron incluyendo en la búsqueda los factores críticos mencionados previamente.

En la figura 9 se presentan los resultados de las publicaciones encontradas para el tema referido:

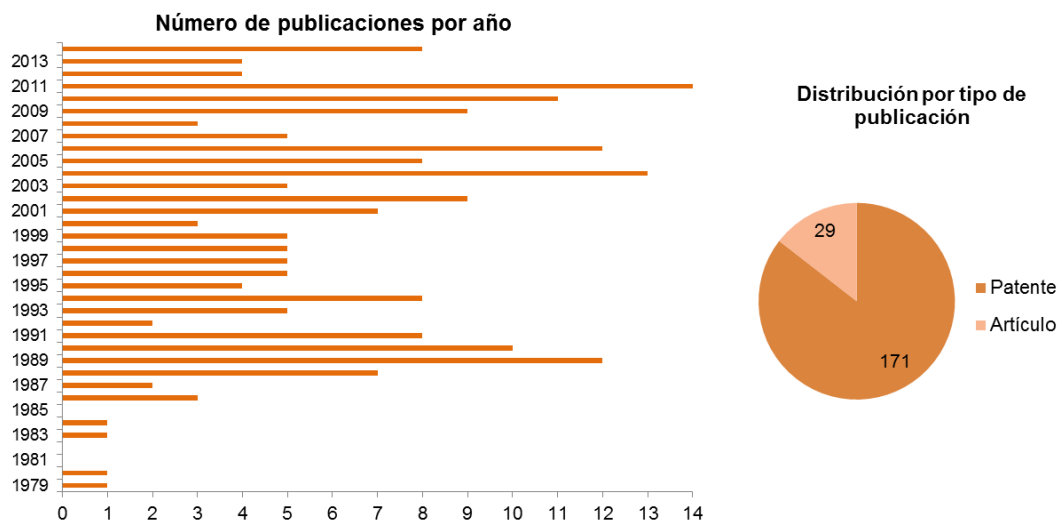


Figura 10 Dinámica de publicaciones con Illumin8

Con la herramienta de Illumin8, a diferencia de los datos obtenidos con Scopus (ver figura 5), la dinámica de las publicaciones, tiene un comportamiento más constante en cuanto al número y más consistente en el tiempo, se resaltan las fluctuaciones entre los años 1988 a 1992 y del 2002 al 2010.

En la Figura 10 se muestran las publicaciones por parte de instituciones u organizaciones, en ésta se identifican algunas Universidades y centros de investigación que por su cantidad de publicaciones demuestran interés en el tema. Se destaca que la mayoría de las publicaciones estén relacionadas a una entidad de gobierno como es la Casa Blanca (*White House*), siendo la mayoría de estas publicaciones, investigaciones asociadas a la relación entre los alimentos horneados y salud de las personas.



Figura 11 Participación de organizaciones en las publicaciones

Con respecto a las organizaciones y sus publicaciones de desarrollos en cuanto al horneado de las galletas crackers, se puede apreciar mayor concentración en centros de investigación y desarrollo de tecnología para la fabricación de alimentos, estos pueden ser posibles aliados de compañías dedicadas a la producción y comercialización de los mismos; asimismo se destacan centros de investigación propios de compañías fabricantes de alimentos horneados, estos centros son de esta manera la fuente de conocimiento científico para proveer de soluciones a los fabricantes de galletas.

En la figura 11 se presentan las principales compañías que realizaron trabajos científicos en el tema durante el periodo estudiado, destacándose organizaciones de Estados Unidos y Europa.



Figura 12 Participación de compañías en las publicaciones.

2.2 VIGILANCIA- FACTORES CRITICOS

Partiendo de la búsqueda general, se realizó una depuración de los resultados asociándolos a los factores críticos de interés, añadiendo los términos *Color*, *Moisture*, *Crispness* para referirse a los factores Color, Humedad, Resistencia respectivamente. La caracterización de los términos para las variables claves del proceso, no se obtuvo directamente, por el contrario fue el resultado de múltiples intentos de búsqueda, preguntas y conceptualización con personal industrial experto.

2.2.1 COLOR

En ésta sección se presentan los hallazgos obtenidos de las publicaciones científicas y de las patentes en el periodo del 2004 al 2014 en cuanto a esta característica sensorial en las galletas tipo crackers. El análisis de la información se llevó a cabo mediante búsquedas estructuradas en Illumin8.

Inicialmente se clasificaron los resultados por Organizaciones, esto se muestra en la figura 12. Se destaca que la mayoría de los resultados corresponden a una misma organización: Kraft Foods of America; en la gráfica se identifican diferentes nombres debido a cambios en el nombre de la empresa durante los últimos 10 años.

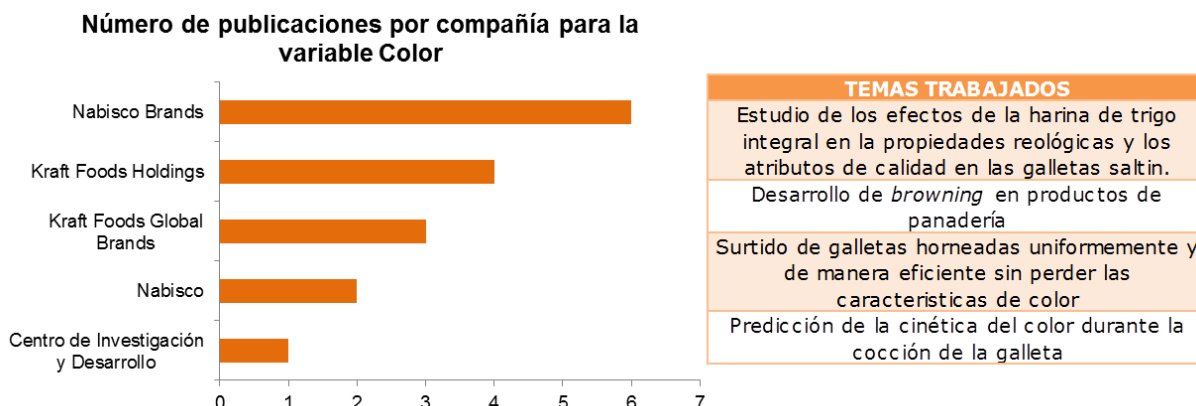


Figura 13 Principales compañías y temas de investigación asociados para la variable color.

En la figura 13, se muestran los principales autores en la búsqueda de documentos para la característica color de la galleta.



Figura 14 Principales autores para la variable color

La Figura 14 presenta la distribución de la información encontrada según la región. Según se observa el continente con mayor concentración de información es América con un 61%. Este comportamiento puede estar influenciado por la concentración de fábricas galleteras en esta región del mundo, además gran parte de estas investigaciones está en Estados Unidos, uno de los países con mayor producción de harina y por tanto con mayor

concentración de industrias de alimentos, galleteras y panificadoras. Seguido de las Américas se encuentra Europa con una participación considerablemente menor pero de igual forma en los documentos encontrados, se muestra intereses muy puntuales en lograr eficiencia del color a través de adiciones de enzimas o sustancias de mezclado en las preparaciones de la masa.

Distribución de publicaciones por región para la variable Color

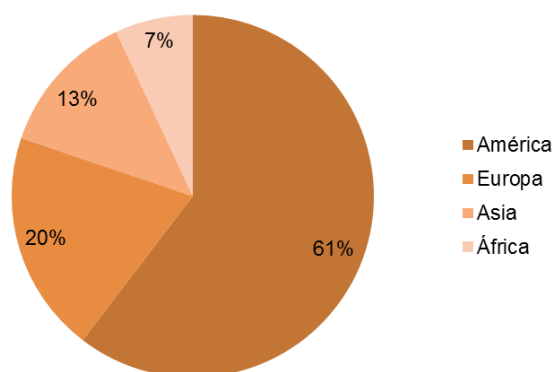


Figura 15 Distribución de información por región para la variable color.

Para el análisis de los datos obtenidos, se filtró la información para tener los aportes más recientes al tema de investigación, y en el caso de la variable de control color, los resultados fueron pocos, en la figura 15 se muestra la dinámica de publicación de artículos entre el 2004 y el 2014 y los principales subtemas abordados, en la figura 16 se muestran las patentes registradas durante el mismo periodo.

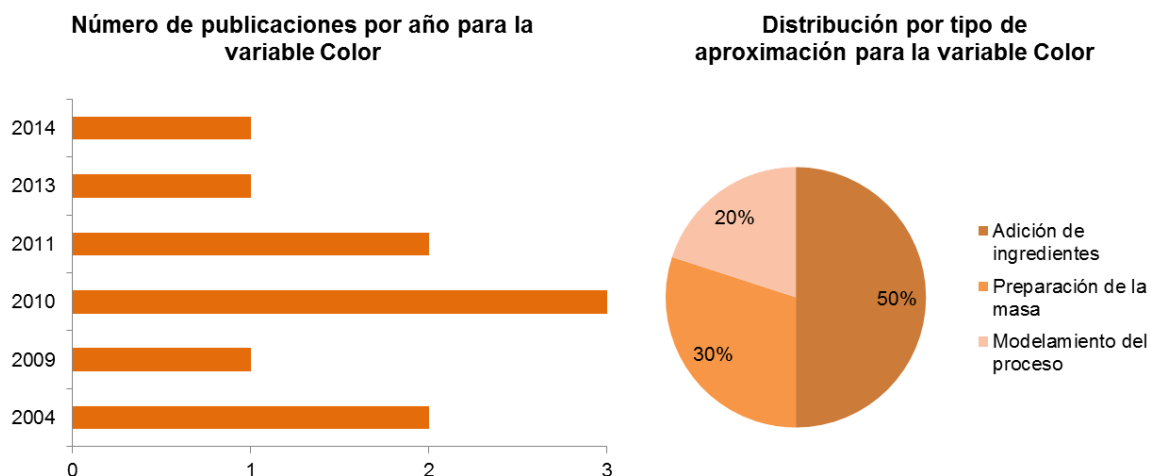


Figura 16 Dinámica de publicaciones y principales subtemas desarrollados para la variable color.

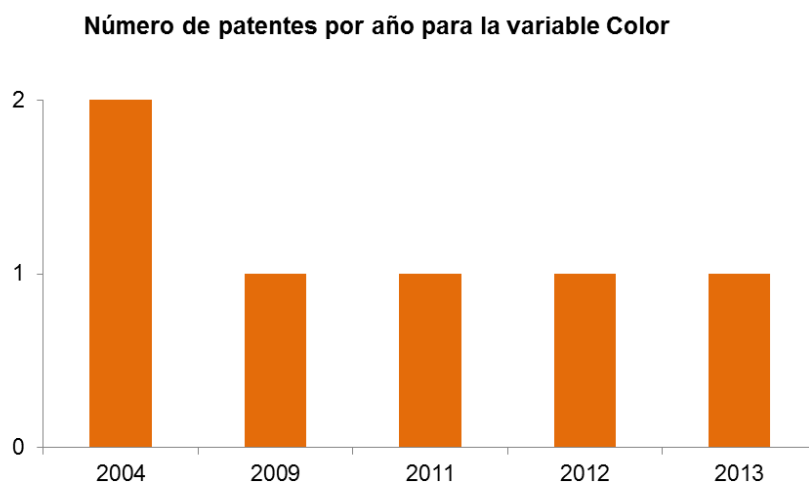


Figura 17 Dinámica de patentes para la variable color.

En la tabla 1 se presenta la síntesis de documentos encontrados con respecto a la variable color que presentan datos relevantes para los objetivos de la consulta.

Título	Autor (Artículo) Apoderado (Patente)	Fecha Publicación	Aspectos relevantes
Browning development in bakery products A review	Purlis, Emmanuel	01/08/2010	Este artículo presenta una revisión de literatura en relación con varios aspectos del desarrollo de pardeamiento durante la cocción de productos de panadería, principalmente desde el punto de vista de la ingeniería con respecto en las propiedades de los ingredientes y efectos en los resultados. El modelado del proceso de horneado y los aspectos tecnológicos asociados a la formación de color durante el horneado también son revisados.
Multi-Color Crackers and Method for Making Same	FRITO-LAY NORTH AMERICA	06/10/2011	Esta invención, hace referencia a un sistema de laminas de masa, con componentes en granulos que permiten el desarrollo controlado del color de las galletas, permitiendo obtener una galleta muticolor, crujiente y apetitosa para el consumidor
Modelling of Heat and Mass Transfer Phenomena and Quality Changes During Continuous Biscuit Baking Using Both Deductive and Inductive (Neural Network) Modelling Principles	Broyart, B. Trystram, G.	02/01/2003	El objetivo del presente estudio consiste en especificar la metodología elegida para obtener un modelo matemático que simula el funcionamiento de un horno de galleta continuo a escala industrial. Este combina un modelo clásico transferencia de masa y calor (enfoque de modelado deductivo) desarrollado en un estudio anterior y dos modelos de redes neuronales artificiales (enfoque de modelado inductivo) con el fin de modelar la cinética de color de galleta y variaciones de espesor durante la cocción
Process for making enzyme-resistant starch for reduced-calorie flour replacer	Haynes, Lynn Gimmler, Norbert Locke III, John P. Kweon, Mee-Ra Slade, Louise Levine, Harry	11/03/2004	Esta invención hace referencia a un almidon resistente a la accion de algunas enzimas lo que le permite tener un mejor desempeño en procesos de horneado, brindando a los productos horneados (especialmente a galletas) un mejor desarrollo de color y un aroma mas agradable al compararlo con el resultado otorgado por la harina de trigo común.

Tabla 1 Síntesis de documentos relacionados con la variable color

2.2.2 RESISTENCIA

En ésta sección se presentan los hallazgos obtenidos de las publicaciones científicas y de las patentes en el periodo del 2004 al 2014 en cuanto a esta característica sensorial en las galletas tipo crackers. El análisis de la información se llevó a cabo mediante búsquedas estructuradas en Illumin8.

En la figura 17 se observan los resultados de la búsqueda clasificados por organización, en este caso a diferencia de lo ocurrido para el factor crítico color, los resultados se concentran en comercializadores y no en fabricantes.

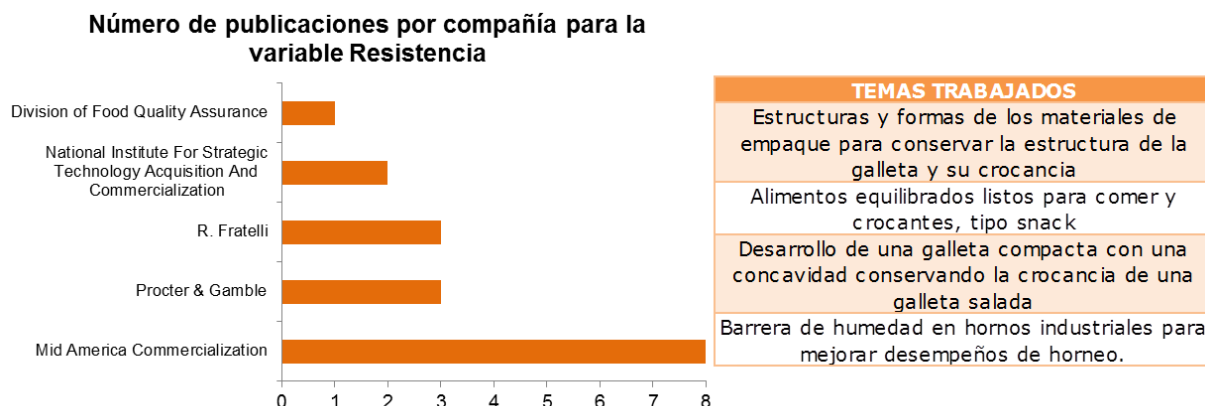


Figura 18 Principales compañías y temas de investigación asociados para la variable resistencia.

En la figura 18, se encuentra el listado de los principales autores de los documentos asociados al tema de la resistencia de las galletas crackers.



Figura 19 Principales autores para la variable resistencia.

La figura 19 presenta la distribución de la información encontrada según la región. El continente con la mayor participación en temas relacionados con la resistencia de las galletas es Asia con una notable participación del 89% de los resultados, seguida por América con una participación del 8%, como se puede concluir no es comparable entre continentes su participación, ni el uno es seguidor del otro, la ventaja en el desarrollo del

tema está dado por los países Asiáticos. En los documentos encontrados los estudios de resistencia se encuentran relacionados con mejora en la eficiencia de horneado y mejora continua en la producción de galletas no sólo en las crackers, sino también en las dulces o de masa corta.

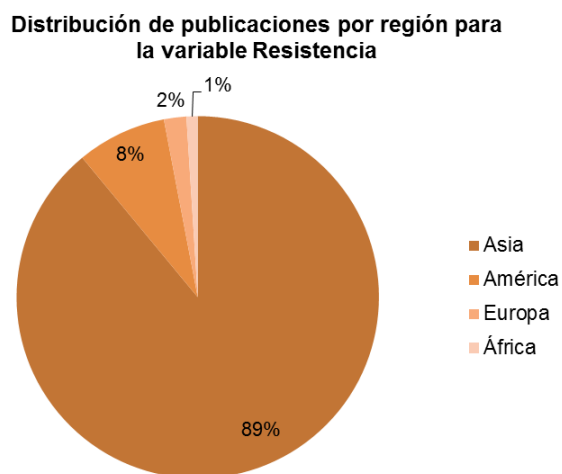


Figura 20 Distribución de información por región para la variable resistencia.

En la búsqueda de información acerca de la variable resistencia, se obtuvieron en total 191 documentos; una vez realizado el análisis sobre los mismos, los documentos que le aportan al objetivo de la investigación quedan reducidos a 20 documentos. A continuación la figura 20 ilustra la dinámica de publicación de artículos entre los años 2004 y 2014; así como los principales subtemas de los mismos. La figura 21 muestra las patentes registradas asociadas a esta variable durante el mismo periodo de tiempo.

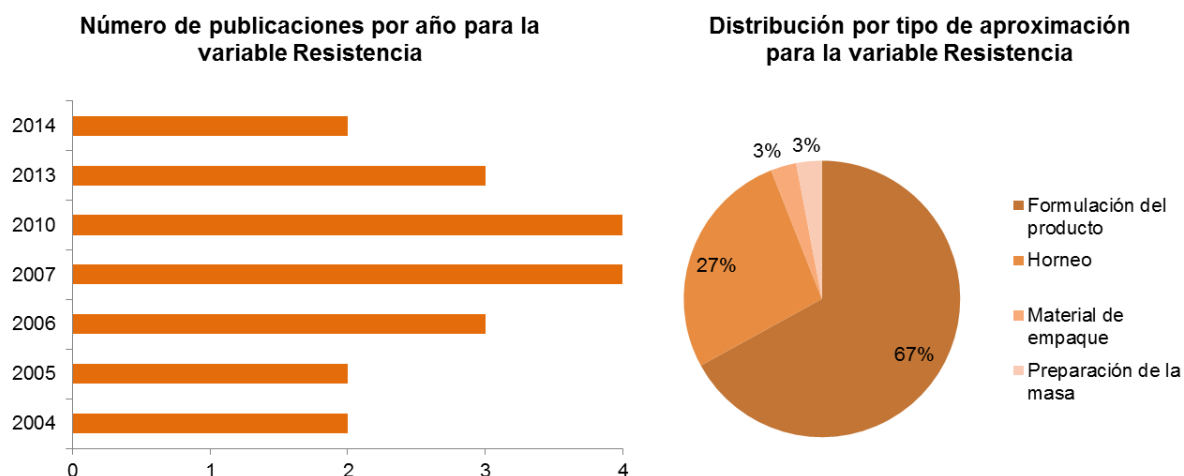


Figura 21 Dinámica de publicaciones para la variable resistencia.

Las características de la tendencia en las figuras 20 y 21, tienen una gran similitud con las encontradas en la variable pasada, se encuentra en número pocos resultados, no es un tema ampliamente expuesto en que se pueda dar conclusiones de avances en el tiempo, una maduración de la tecnología o desarrollos recientes.

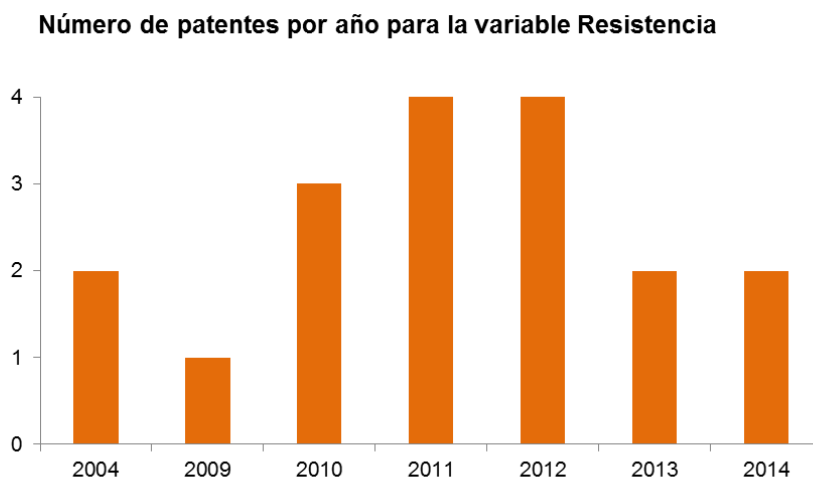


Figura 22 Dinámica de patentes para la variable resistencia.

En la tabla 2 se presenta la síntesis de los documentos encontrados con relación a la variable Resistencia, los cuales tienen datos a resaltar para los objetivos de la consulta.

Título	Autor (Artículo) Apoderado (Patente)	Fecha Publicación	Aspectos relevantes
A process for the production of crackers	BARILLA - S.p.A	14/09/2005	Esta invención se refiere a un proceso para elaborar una galleta tipo cracker con concavidades sin que pierda propiedades de resistencia y textura.
Effect of blending cassava starch, rice, waxy rice and wheat flour on physico-chemical properties of flour mixtures and mechanical and sound emission properties of cassava crackers	Saeleaw, M. Schleining, G	01/09/2010	Estudio de las reacciones de las masas en galletas crackers, con compuestos de masa con harina de arroz, harina de trigo y almidón, donde se observa el comportamiento de las variables temperatura máxima, expansión lineal, fuerza y sonido acústico de ruptura (resistencia), y viscosidad.
Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality	Jacob, J. Leelavathi, K.	23/01/2006	Estudio del efecto de cuatro tipos diferentes de grasa en la reología de la masa y su subsecuente efecto en la calidad de las galletas, específicamente en su textura. Se encontró que las galletas que incluían en su fórmula aceite de girasol eran significativamente más duras que aquellas que no lo contenían.
A statistical analysis of biscuit physical properties as affected by baking	Cronin, K. Preis, C.	28/02/2000	Se estudió la variabilidad en dimensiones y textura de galletas en función del proceso de horneado al que fueron sometidas y de la variación en la cantidad de ingredientes. Se encontró mayor sensibilidad a variaciones de temperatura en aquellas masas que presentaron mayor humedad al inicio del proceso de horneado, esto tuvo efecto en las dimensiones y la textura más no en la humedad del producto horneado.

Tabla 2 Síntesis de documentos relacionados con la variable resistencia.

2.2.3 HUMEDAD

En esta sección se presentan los hallazgos obtenidos de las publicaciones científicas y de las patentes en el periodo del 1996 al 2014 en cuanto a esta característica sensorial en las galletas tipo crackers. El análisis de la información se llevó a cabo mediante búsquedas estructuradas en *Illumin8*.

La figura 22, muestra los resultados de la búsqueda, clasificados por organizaciones. En este caso, nuevamente los resultados se concentran en compañías fabricantes.

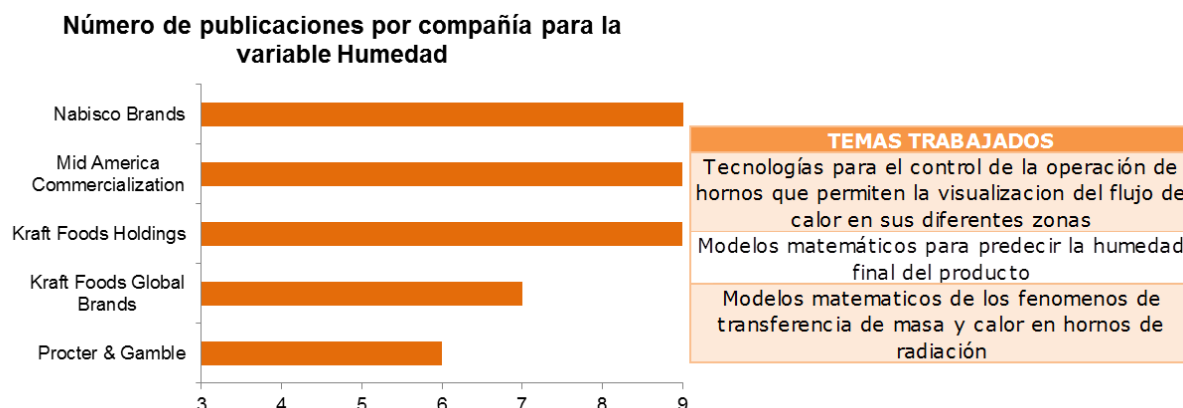


Figura 23 Principales compañías y temas de investigación asociados para la variable humedad.

En la figura 23, se encuentra el listado de los principales autores de los documentos asociados al tema de humedad de las galletas crackers.



Figura 24 Principales autores para la variable humedad.

La figura 24 presenta la distribución de la información encontrada según la región. En los datos encontrados no se tiene la participación del continente Africano mientras que se tiene alta concentración de resultados en el continente Americano.

Distribución de publicaciones por región para la variable Humedad

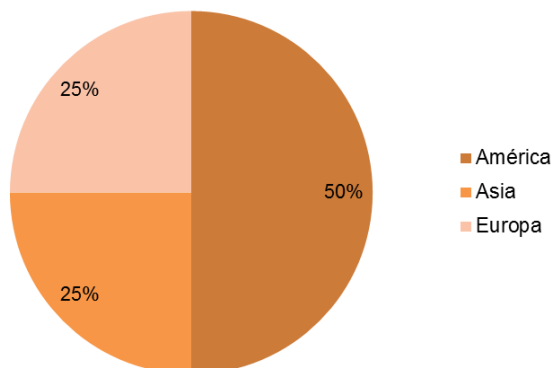


Figura 25 Distribución de información por región para la variable humedad.

En la búsqueda de información acerca de la variable humedad, se obtuvieron en total 376 resultados; una vez realizado el análisis sobre los mismos, el número de documentos que le aportan al objetivo de la investigación queda reducido a 52. A Continuación en las figuras 25 y 26 se encuentran las gráficas con la dinámica de publicaciones y patentes entre los años 2004 y 2014; así como los principales subtemas de los mismos.

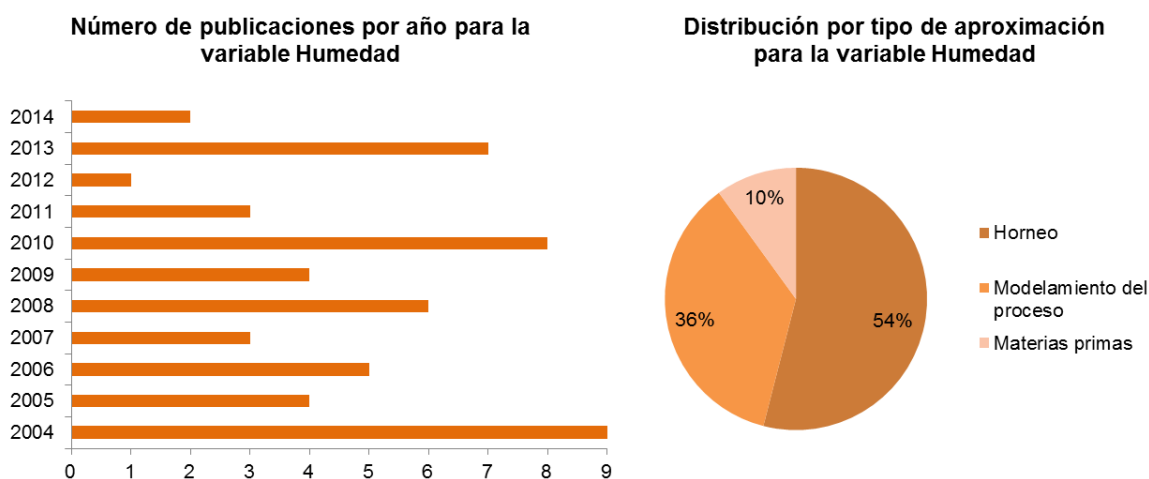


Figura 26 Dinámica de publicaciones para la variable humedad.

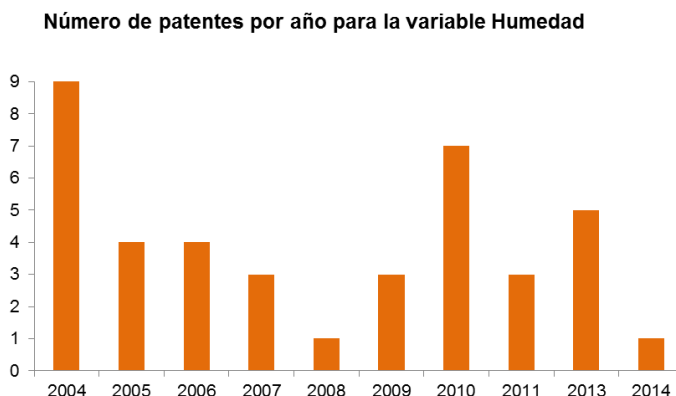


Figura 27 Dinámica de patentes para la variable humedad.

En la tabla 3 se encuentra la síntesis de los documentos encontrados para la variable Humedad, considerados como relevantes para los objetivos de la consulta.

Título	Apoderado	Fecha Publicación	Aspectos relevantes
Modelling heat and mass transfer during the continuous baking of biscuits	Broyart, B. Trystram, G.	01/01/2002	Un modelo matemático de estado estacionario para calcular las transferencias de calor y de masa durante la cocción de productos de cereales finos (tipo galleta) en un horno continuo de gas. Se discuten los principios básicos y las ecuaciones del modelo. La temperatura y la composición de la atmósfera de hornear y la galleta en una sección transversal del horno suponiendo que sea uniforme. El modelo tiene en cuenta la transferencia de calor por radiación, convección
Control of final moisture content of food products baked in continuous tunnel ovens	McFarlane, I.	01/02/2006	En este trabajo se discuten varios métodos de detección de humedad dadas las dificultades para hacer mediciones del contenido de humedad de los productos horneados (como el pan, bollos, galletas, galletas y pastel) durante la cocción o en la salida del horno. Teniendo en cuenta que ninguno de ellos logra proporcionar información con la suficiente precisión se plantea también la alternativa es utilizar métodos inferenciales.
Oven-stable edible moisture barrier	Kraft Foods Holdings	09/10/2002	Esta invención corresponde a una composición que tiene propiedades térmicas y mecánicas únicas que la hacen ideal como barrera comestible contra la humedad para uso en productos alimenticios, especialmente para aplicaciones de horneado.
Food material technology with controllable functional characteristics and industrial process applications, and the resulting fabricated foods	Medwell Foods	06/04/2010	Desarrollo de materiales para la elaboración de productos horneados, reducidos en carbohidratos y características organolépticas estables y trae beneficios en variables como la humedad y conservación de los productos

Tabla 3 Síntesis de documentos relacionados con la variable humedad.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1 VIGILANCIA- PANORAMA GENERAL

Las relaciones entre las publicaciones y los autores, no muestran una tendencia clara en las investigaciones científicas de los mismos. No se identifica un líder consistente en número de publicaciones y en los temas desarrollados, lo que impide tener una conclusión concisa acerca de las personas que desarrollan el tema o que han tenido interés durante el período de tiempo determinado en la investigación, con lo cual no se puede seguir un autor claramente en sus desarrollos científicos o tecnológicos.

Para desarrollar la investigación y obtener información para los objetivos planteados, se realizaron exploraciones iniciales con diferentes bases de datos y buscadores; finalmente por los documentos encontrados y el número de publicaciones se decidió focalizarse en los resultados a través de Scopus e Illumin8. Sin embargo al comparar los resultados de búsqueda de Scopus con los de Illumin8, se identifica una gran diferencia en la cantidad de publicaciones y la pertinencia de las mismas en los objetivos de búsqueda planteados. Illumin8 mostró no sólo una superioridad en número, sino también la facilidad de analizar los documentos y organizarlos.

Es importante resaltar que al comparar frente a otros temas de exploración e interés de una empresa galletera, como por ejemplo los materiales de empaque flexibles , las tendencias del mercado en consumo de alimentos, legislaciones para países, entre otros, el número de documentos encontrados a partir de las búsquedas para la consulta planteada en este informe, puede percibirse como poco o muy escaso de información. Pero se debe tener en cuenta que los temas buscados y las variables claves en el proceso de horneado hacen parte de las técnicas desarrolladas por la empresas a través de la experiencia y los desarrollos internos, y en estos campos las empresas son celosas de su conocimiento y generalmente no los patentan, ni los publican en artículos, *journals* o *news*, sino que los protegen bajo la figura de secretos industriales. Dado este fenómeno con respecto a la información propia de las organizaciones, pueden determinarse que las variables críticas que han sido objeto de búsqueda corresponden en su mayoría a un tipo de conocimiento que las empresas gestionan sólo hacia el interior y que por lo tanto no

tienen interés en darlo a conocer hacia afuera pues podría implicar riesgos y pérdida de ventaja competitiva frente a otros fabricantes.

3.2 VIGILANCIA- FACTORES CRITICOS.

3.2.1 COLOR

Debido a que Estados Unidos es uno de los mayores productores y consumidores de trigo, existe un alto interés en temas de mejoramiento de la calidad de los productos y eficiencias en el proceso de horneado. Lo que evidencia una alta concentración de resultados en esta región.

Para la variable color durante las publicaciones de los últimos 10 años es claro que las investigaciones y resultados, han estado encaminados hacia las propiedades de desarrollo de las harinas y los efectos en el horneado. Por último se encuentra el producto a comercializar, con un índice de investigación reducido. Lo que determina un enfoque en las condiciones de la materia prima, más que en las tecnológicas del horno.

Los tópicos de dichas publicaciones están enmarcados en la preparación de la masa y los ingredientes, principalmente enzimas, utilizados para mejorar resultados; dichas enzimas son agregadas a las masas con el fin de generar efectos en los almidones y azúcares que finalmente intervienen en la formación del color. En las publicaciones temas como la forma o técnica para preparar la masa, tienen una participación del 20%, frente a una participación de 50% lo concerniente a la evolución de ingredientes y enzimas para mejorar las masas y los resultados en los alimentos horneados. Sin embargo se puede concluir que las variaciones entre años en cuanto a número de publicaciones no son relevantes, ni claras para determinar una tendencia. Entre los resultados se destacan algunas publicaciones que proponen analizar la formación de color mediante la formulación de modelos matemáticos que simulen los fenómenos del horneado que intervienen en dicha característica. Si bien la cantidad de publicaciones que plantean esta opción es reducida (dos) puede considerarse como una alternativa de interés, pues permite entender el potencial de generación de color del proceso de fabricación.

3.2.2 RESISTENCIA

Las publicaciones 10 años atrás hasta fechas actuales, están concentrados en la formulación del producto y el proceso de horneado. En cuanto a la formulación se destaca el interés por identificar nuevos ingredientes que mejoren la estructura de la masa y aporten resistencia al producto horneado. Adicionalmente se aborda el efecto del tipo y cantidad de grasa utilizada en la preparación de la masa sobre la resistencia del producto horneado, encontrando que algunas favorecen la formación de burbujas de aire al interior de las galletas, lo que tiene un efecto directo en su textura y resistencia. También se observan algunos aportes acerca de los materiales de empaque que influyen directamente en la conservación de la crocancia o resistencia del producto.

En la variable Resistencia, se evidencia que los comercializadores también hacen parte de los resultados, lo que indica que esta variable es de relevancia para los agentes involucrados en la cadena de distribución del producto.

3.2.3 HUMEDAD

Las organizaciones desde la variable de estudio Humedad se han dedicado a aplicar ciencia y tecnología, llegando a modelos matemáticos que permiten determinar el comportamiento de los valores a lo largo del proceso de horneado, por ello se observa que en los temas trabajados la mayoría son de éste nivel.

A diferencia de las variables, Color y Resistencia, la variable Humedad contiene más información en número de publicaciones que las demás, lo que facilita el análisis de los mismos de una forma más detallada. La información encontrada es relevante en cuanto a su relación con la variable y su asociación con el proceso de horneado, siendo este tema el más abordado en los resultados con una participación del 54%.

Con respecto a esta variable toma nuevamente relevancia el modelamiento del proceso, tal y como sucedió con el resultado presentado para la variable color y coincidiendo en algunas de las publicaciones, en donde se demuestra que los modelos matemáticos planteados para una variable tienen contemplan también el comportamiento de la otra variable.

Los artículos encontrados también hacen referencia a materias primas, incluyendo ingredientes y material de empaque, lo que permite ampliar las posibilidades en la resolución de problemas.

4. PROPUESTAS

4.1 COLOR

Desarrollar un estudio que permita generar un modelo del funcionamiento del horno y del proceso de horneado de galletas bajo las condiciones de fabricación de galletas tipo Cracker, enfocándose en las variables que intervienen en la formación de color en el producto final.

Apoyado en la metodología propuesta en los artículos encontrados que presentan este tipo de desarrollos (Broyart, Trystram, & Duquenoy, 1998), (Broyart & Trystram, 2003), se plantea realizar dicho estudio de la siguiente manera:

- **Diagnóstico del horno:** Validación de la curva de horneado existente para la fabricación de galletas tipo Cracker.
- **Definición de perfiles de Horneado posibles:** Establecer Curvas de horneado alternativas en función de la capacidad de modificar las variables tiempo y temperaturas de horneado en cada una de las zonas que conforman la cámara del horno.
- **Identificación de factores de formación de Color:** Listar variables controlables que intervienen en el color final del producto
- **Diseño de Experimento:** Analizar las respuestas posibles para la variable Color en función de los factores previamente definidos a partir de sus combinaciones en diferentes niveles.
- **Análisis estadístico de los resultados:** Evaluar si los resultados del experimento tienen buen comportamiento estadístico que soporte su validez.
- **Definición del modelo:** Establecer un modelo matemático, con buen ajuste estadístico que permita describir el comportamiento de la variable de respuesta Color.

También se considera importante profundizar en las características de las materias primas que pueden afectar el desarrollo de Color en el producto, sin embargo se debe tener en cuenta que en algunos casos la compañía fabricante de galletas no tiene suficiente influencia sobre las características de sus insumos por lo que mantiene una gran dependencia de la oferta de sus proveedores. De acuerdo a esto se recomienda que la compañía se concentre en aquello que es de su total control, en este caso el proceso de horneado de galletas.

4.2 RESISTENCIA

Reforzar la masa con ingredientes que mejoren el desempeño de la galleta horneada con respecto a esta característica. Para esto es necesario analizar detalladamente la condición actual de resistencia de las galletas horneadas e identificar la brecha existente entre dicha condición y la resistencia deseada. Posterior a esto se recomienda evaluar diferentes ingredientes a base de almidón de yuca y harina de arroz como mencionan Saeleaw & Schleining (2010); sin que esta adición de ingredientes afecten las demás características organolépticas del producto. Es recomendable que esta aplicación se realice después del experimento propuesto para la variable color, de manera que se ya se cuente con el mejor perfil de horneado posible y así no tener influencia del proceso de horneado como generador de variaciones en la Resistencia del producto final.

4.3 HUMEDAD

Hacer una caracterización de las condiciones de humedad del producto final horneado a través de la construcción de las Isotermas de absorción, como lo proponen Yang, Zhu, & Zhu (2012). Esta caracterización permite identificar las variaciones posibles en humedad que se generan en el producto debido a los cambios en la temperatura del ambiente, por lo tanto, brinda información relevante que define las condiciones a tener en cuenta frente a cualquier otra acción que se ejecute con el fin de intervenir en esta variable.

Explorar la adición de componentes que otorgan al producto horneado, propiedades de barrera a la humedad como se menciona en las patentes de Kraft Foods (2002) y Medwell Foods (2010). Para esto es recomendable el diseño de un experimento que permita evaluar la variación de las características organolépticas del producto (crocancia, textura) en función del contenido de dichos ingredientes, con el objetivo de identificar las

condiciones de adición del nuevo ingrediente que hacen que los cambios en estas características estén por debajo de los niveles perceptibles que generarían rechazo por parte de los consumidores.

Adicionalmente se observa a partir de los hallazgos de las búsquedas que existe una estrecha relación entre la humedad final del producto horneado y las condiciones de horneo, por lo que nuevamente se recomienda hacer un análisis experimental de las condiciones de horneo como el planteado para la variable Color, pero en este caso tomando como variable de respuesta la humedad y enfocando el análisis hacia el fenómeno de transferencia de masa que ocurre al interior de la cámara de horneo durante el proceso de horneo continuo de galletas como es presentado por Broyart & Trystram (2003). A partir de los resultados del análisis mencionado, se recomienda hacer un modelamiento numérico del fenómeno que permita generar una herramienta predictiva con respecto al contenido final de humedad del producto como se identifica en Ferrari, Marai, Guidetti, & Piazza (2012).

CONCLUSIONES

Cuando se realizan investigaciones acerca del desarrollo de los procesos, o el desarrollo del producto tal cual se ofrece en el mercado, las opciones de encontrar artículos, *reviews* o patentes, son más escasas debido a que hacen parte del *Know how* de las empresas o bien, de los secretos industriales, los cuales no se publican, ni se patentan, esto se hace evidente en el desarrollo de este trabajo, especialmente en la cantidad de resultados obtenidos.

Scopus, a pesar de ser una base de datos robusta y con gran cantidad de contenidos, no reveló una buena cantidad de resultados para las ecuaciones de búsqueda formuladas de acuerdo a los objetivos planteados, frente a esto ILLUMIN8 fue una muy buena alternativa que permitió encontrar muchos más resultados y de una manera más amigable para el proceso de recolección y análisis de datos.

En el análisis de los resultados obtenidos en las búsquedas, es de vital importancia para el efectivo desarrollo de la investigación y posterior construcción de propuestas, contar con un experto o expertos en los temas consultados, debido a que los hallazgos en patentes y artículos son demasiado específicos y requieren de la orientación de personas con un alto conocimiento en el proceso productivo de galletas para ser filtrados de acuerdo al tema de interés, eliminando posibles distractores para el análisis.

Durante el proceso de análisis de información es importante generar una red de expertos que involucre también a los proveedores de insumos y tecnologías, de manera que ellos hagan parte de la construcción de propuestas en temas específicos.

En el proceso de la elaboración de las masas se controla todo el tiempo el PH, más no la cantidad de bicarbonato, que finalmente es lo que puede afectar las características de la galleta estudiadas, adicional a esto no se evidencia un control en la interacción de las sales sódicas de los ácidos débiles implicados en el proceso de fermentación después de añadir el bicarbonato, y son estas interacciones las que finalmente intervienen en la condición final de la galleta con respecto a las características investigadas.

Los resultados de los estudios encontrados acerca de elaboración de la masa para galletas tipo crackers, muestran que las que tienen el 11% de contenido de proteína en el

total de la masa, son las que presentan un mejor desarrollo en la galleta, conservando las características de las grasas para este tipo de masa. El contenido de proteína en la harina es un factor determinante en la textura y estructura de la galleta, entre más proteína, más posibilidades tiene la galleta de ser dura y arquearse, entre menos contenido, es más suave.

Los estudios acerca del efecto de diferentes tipos de harinas y almidones de distintas fuentes (arroz, yuca) en la textura y resistencia de las galletas muestran que hay combinaciones que pueden incrementar o reducir dichas características al compararlo con la harina de trigo que es el ingrediente habitual. La inclusión de almidón de yuca en la fórmula del producto, incrementa la resistencia, mientras que la adición de harina de arroz la disminuye, pero mejora la crocancia.

Durante las búsquedas realizadas para cada una de las características de interés en este estudio, se encontró de manera recurrente el uso de modelos matemáticos orientados a la predicción del color, resistencia y humedad de las galletas, en función de los factores que intervienen en el proceso. En todos los casos se destaca la importancia de tener modelados los procesos de fabricación antes de intervenir cualquier otro factor con el fin de obtener resultados deseables y predecibles para cada una de las variables.

BIBLIOGRAFÍA

- IMAFORNI INT'L S.p.A. (s.f.). *Imaforni - Equipment - Ovens*. Recuperado el 25 de Octubre de 2014, de http://www.imaforni.com/equipment/ovens.php?codice_label=gasfired&briciola=Direct%20gas%20fired
- Boulet, M., Marcos, B., Dostie, M., & Moresoli, C. (2010). CFD modeling of heat transfer and flow field in a bakery pilot oven. . *Journal of Food Engineering*, 393–402.
- Bourne, M. C. (1968). Texture Profile of Ripening Pears. *Journal of Food Science*, 223-226.
- Broyart, B., & Trystram, G. (2003). Modelling of heat and mass transfer phenomena and quality changes during continuous biscuit baking using both deductive and inductive (neural network) modelling principles. *Trans IChemE, Institution of Chemical Engineers*.
- Broyart, B., Trystram, G., & Duquenoy, A. (1998). Predicting Colour Kinetics During Cracker Baking. *Journal of food Engineering*, 351-368.
- Bruns, A., & Bourne, M. (1975). Effects of sample dimensions on the snapping force of crisp foods. *Journal of Texture Studies*, 445-448.
- Castro M, E., & de Hombre M, R. (2007). *Parámetros mecánicos y textura de los alimentos*. Cuba: Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química.
- Cauvain, S., & Young, L. (2001). *Baking: Problems Solved*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Demirkol, E., & Erdogdu, F. (2006). Experimental determination of mass transfer coefficient : moisture content and humidity ratio driving force approaches during baking. *Journal of Food Process Engineering*, 188–201.
- Duquenoy, A., Broyart, B., & Trystram, G. (1997). Predicting Colour Kinetics During Cracker Baking. *Journal of Food Engineering*.
- Engmann, J., Peck, M. C., & Wilson, D. I. (2005). An Experimental and Theoretical Investigation of Bread Dough Sheeting. *Trans IChemE, Institution of Chemical Engineers*, 175–184.
- Fellows, P. J. (2000). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (Second Edition ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- Ferrari, E., Marai, S., Guidetti, R., & Piazza, L. (2012). Modelling of Heat and Moisture Transfer Phenomena During Dry Biscuit Baking by Using Finite Element Method. *International Journal of Food Engineering*.

- Grupo Nutresa S.A. (2015). *Marcas - Saltin Noel*. Obtenido de <http://www.noel.com.co/nuestrasmarcas/marcas/saltin-noel>
- Kilcast, D. (2004). *Texture in Foods, Volume 2: Solid foods*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC.
- Kraft Foods, H. (2002). *Patente n° US6472006 - Oven-stable edible moisture barrier*.
- Kulp, K., & Loren, K. (2003). *Handbook of Dough Fermentation*. New York: CRC Press.
- Lakshmi, J. (2010). Lecture Notes FDST 216 Bakery and Confectionary Products. India: ACHARYA N. G. RANGA AGRICULTURAL UNIVERSITY.
- Manley, D. (1998). *Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals, Manual 2: Biscuit Doughs*. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
- Manley, D. (1998). *Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals, Manual 3: Biscuit Dough Piece Forming*. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
- Manley, D. (1998). *Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals, Manual 4: Baking and Cooling of Biscuits*. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
- Manley, D. J. (1989). *Tecnología de la industria galletera: Galletas, crackers y otros horneados*. Zaragoza: Acribia.
- Medwell Foods. (2010). *Patente n° US7691430 Food material technology with controllable functional characteristics and industrial process applications, and the resulting fabricated foods*.
- Middleby, C. (2014). *Laminating and forming lines*. Recuperado el 3 de 11 de 2014, de http://www.middprocessing.com/spooner_files/
- Purlis, E. (2010). Browning development in bakery products – A review. *Journal of Food Engineering*, 239–249.
- Qia, F., Daia, S. Q., Newberry, M. P., Love, R. J., & Tanner, R. I. (2008). A simple approach to predicting dough sheeting thickness. *Journal of Cereal Science*, 489–495.
- Ramaswamy, H., & Marcotte, M. (2006). *Food Processing: Principles and Applications*. New York: Taylor & Francis Group, LLC.

- Saeleaw, M., & Schleining, G. (2010). Effect of blending cassava starch, rice, waxy rice and wheat flour on physico-chemical properties of flour mixtures and mechanical and sound emission properties of cassava crackers. *Journal of food Engineering*, 12-24.
- Sakin, M., Kaymak-Ertekin, F., & Ilicali, C. (2009). Convection and radiation combined surface heat transfer coefficient in baking ovens. *Journal of Food Engineering*, 344–349.
- Sanchez, J. A. (2006). *Instrumentación y control avanzado de procesos*. Madrid: Diaz de Santos.
- Sánchez, J. M., & Palop, F. (2006). Herramientas de software especializadas para vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. La Habana: Instituto de Documentación e Información Científica y Técnica IDICT.
- Texture Technologies Corp. (2014). *An Overview of Texture Profile Analysis (TPA)*. Recuperado el 25 de Octubre de 2014, de <http://texturetechnologies.com/texture-profile-analysis/texture-profile-analysis.php>
- Toledo, R. T. (2007). *Heat Transfer. Fundamentals of Food Process Engineering*. New York, USA: Springer Science+Business Media, LLC.
- Walker, S., Seetharaman, K., & Goldstein, A. (2012). Characterizing physicochemical changes of cookies baked in a commercial oven. *Food Research International*, 249–256.
- Yang, Z., Zhu, E., & Zhu, Z. (2012). Moisture Sorption Isotherms and Net Isosteric Heats of Sorption of Green Soybean. *International Journal of Food Engineering*.