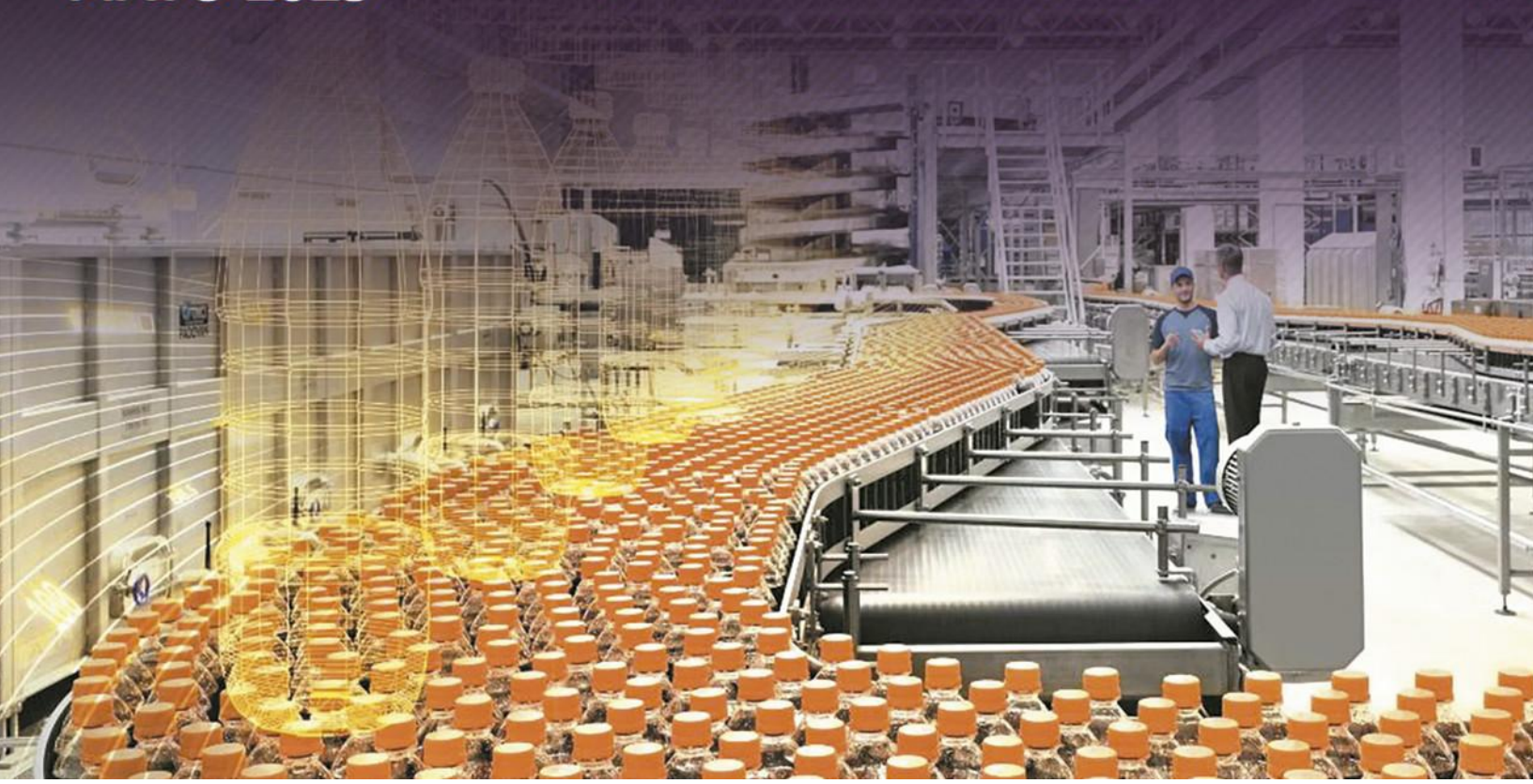
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

REVISTA INDUSTRIAL 4.0

EDICIÓN DIGITAL Nro. 6
ISSN-L 2958-0188
MAYO 2023



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial

M.Sc. Oscar Arnaldo Heredia Vargas — Rector
Dra. María Eugenia García Moreno — Vicerrector
Ing. Alejandro Martin Mayori Machicao — Decano Facultad de Ingeniería
Ing. Freddy Gutierrez Barea — ViceDecano Facultad de Ingeniería
Ing. Franz José Zenteno Benítez — Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edición Impresa N°. 6 - Mayo 2023
Impresa: ISSN 2958-017X
En Linea: ISSN-L 2958-0188

Comite Editor:
Ing. Mónica Lino Humerez
Ing. Grover Sanchez Eid
Ing. Mario Zenteno Benitez PhD

Diseño Versión Impresa & web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imagen Tapa:
webinars.sw.siemens.com/es-ES

Imprenta:
Walking Graf

Deposito Legal:
4-3-68-20

Web:
https://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175, Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
TEl. 2205000-2205067, Int. 1402
Campus Universitario, Cota Cota - calle 30

PRESENTACIÓN

La publicación impresa y digital del Nº 6 de la Revista, coincide con el semestre donde la Carrera de Ingeniería Industrial conmemora los 84 años de su creación, durante todos estos años con la guía, experiencia, solvencia académica de destacados profesores ingenieros, se formaron generaciones de exitosos profesionales que aportaron con su liderazgo en la transformación industrial, generación de fuentes de trabajo y progreso del país.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benitez
DIRECTOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Debemos hacer un reconocimiento especial a uno de los docentes que tuvo la carrera durante muchas décadas, el Ingeniero Industrial Narciso Cardozo Rodríguez, quién administró la cátedra de procesos industriales y fue transmitiendo toda su sapiencia sobre la metalurgia en Bolivia. El Ing. Cardozo desde la década de los cincuenta del siglo pasado trabajó incansablemente en investigación y en la elaboración e implementación de proyectos para la industrialización de las materias primas en el país.

Desde Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés, a través de sus tres institutos de investigación, sus unidades de posgrado y el pre grado en La Paz y sus programas desconcentrados de San Buenaventura y Caranavi, existe un compromiso con el Departamento de La Paz y toda Bolivia para llevar adelante trabajos de investigación en diferentes áreas de su formación académica,

Como resultado de investigaciones, en el presente número de la Revista Industrial 4.0, se podrá encontrar trabajos desarrollados por prestigiosos profesionales quienes vienen investigando sobre el control de calidad, gestión de costos, recuperación de litio, industria del cemento, seguridad industrial y texturización de alimentos.

Un agradecimiento especial a los profesionales que conforman el Comité Editor, que destinan un tiempo valioso, en la revisión del material que es enviando por los investigadores para su consideración en la publicación regular que tiene la presente revista.

Asimismo, no podemos olvidar el apoyo de la Unidad de Sistemas y del personal administrativo de la Carrera de Ingeniería Industrial, que con su trabajo contribuyen a que los números de la revista no sean interrumpidos.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez
DIRECTOR
INGENIERÍA INDUSTRIAL

LA TEXTURIZACIÓN DE CEREALES Y LEGUMINOSAS POR EXTRUSIÓN

Ing. Hugo A. Mobarec Clavijo
ORCID: 0000 0002 0383 8373
Email: hmobcla@yahoo.com

Recibido: 6 de abril; aprobado: 15 de mayo

1. RESUMEN:

El objetivo de esta investigación el lograr una visión exploratoria del estado de la texturización de los cereales y las leguminosas, especialmente en el campo de alimentos.

El proceso de extrusión genera cambios de forma y textura en los cereales y leguminosas, la presente investigación es una exploración del estado de la técnica, acerca de la texturización proteínica de cereales y leguminosas. Las tecnologías que engloban el procesado por extrusión de alimentos, nos llevan vez más el desarrollo de nuevas formulaciones de ingredientes que favorecen las características, de los alimentos.

Se valora mucho la textura y el aroma, y en el caso de las proteínas su nivel de regeneración molecular buscando un ahilamiento fibroso. Las proteínas texturizadas elaboradas por extrusión, pueden ser producidas de acuerdo con las características de la materia prima, estas tecnologías requieren el control de las propiedades funcionales de cada alimento.

El proceso de texturización, aprovecha los almidones y las proteínas reorganizándolas a nivel molecular, las que en el paso del extrusor finalmente adquieren la nueva textura de fibra ahilada, sin afectar ni su poder alimenticio ni su sabor. La palatabilidad en los alimentos, así como su forma, es generado por el reordenamiento proteínico por texturización de las mezclas de harinas, y así lograr nuevos productos alimenticios con nuevas características.

Palabras clave: Extrusión de cereales, texturizado por extrusión, cambiar la forma de alimentos.

1. SUMMARY:

The objective of this research is to achieve an exploratory vision of the texturing status of cereals and legumes, especially in the food field.

The extrusion process generates changes in shape and texture in cereals and legumes, the present investigation is an exploration of the state of the art, about the protein texturing of cereals and legumes. The technologies that include the processing by extrusion of food, lead us more and more to the development of new formulations of ingredients that favor the characteristics of food.

The texture and aroma are highly valued, and in the case of proteins, their level of molecular regeneration seeking a fibrous threading. Textured proteins made by extrusion can be produced according to the characteristics of the raw material, these technologies require control of the functional properties of each food.

The texturing process takes advantage of the starches and proteins, reorganizing them at the molecular level, which in the extruder step finally acquire the new spun fiber texture, without affecting either their nutritional power or their flavor. Food palatability, as well as its shape, is generated by protein rearrangement by texturing flour mixtures, and thus achieve new food products with new characteristics.

Keywords: Extrusion of cereals, texturing by extrusion, changing the shape of food.

2. INTRODUCCIÓN:

La textura de los alimentos además de ser una de las características de su calidad, los preparan para su ingesta y posterior asimilación. Es importante que el alimento sea preparado de manera agradable a los sentidos, vista, olfato, tacto, etc. Y con ello su preferencia y su calidad alimenticia sea manifiesta.

Es difícil la evaluación de la textura en términos absolutos y definidos paramétricamente, sin embargo, por comparación y de manera cualitativa por expertos catadores se puede caracterizarlos.

A este fin se pueden realizar los siguientes ensayos:

Resistencia a la compresión o a la deformación, resulta de la medida lineal de distancia que un alimento se comprime tras ser sometido a una fuerza, por ejemplo, en la estructura del pan, se visualiza las diferencias que lo hacen crujiente o no al momento de masticarlo, se puede conocer su estado de frescura.

Ruptura a la flexión, expresada especialmente en alimentos frágiles que se rompen al sometimiento a la flexión, como galletas y otros de base de cereales.

Cizalla de corte, especialmente utilizado para ver el grado de madurez en granos, frutas y hortalizas.

La punción nos da una apreciación de la dureza de un alimento y tiene que ver con la penetración de los alimentos que tienden a la gelificación.

Sin embargo, el análisis completo de perfil de textura (TPA) es más ilustrativo ya que engloba parámetros hacia la apreciación de las propiedades globales de lo sensorial. Este análisis muestra picos que son relacionados con la fracturabilidad, la dureza, la cohesividad, la adhesividad, la elasticidad, la gomosidad y la masticabilidad que juntos son apreciados en la mordida de los alimentos. [1]

Todas estas propiedades son evaluadas macroscópicamente, pero son originadas a causa de estructuras micro celulares, e inclusive moleculares.

Entendemos por texturización de alimentos a todos los cambios de las propiedades analizadas, tanto de forma como de estructura interna a nivel de fibras y/o molecular cuando éstos están sometidos a procesos de cocción, presión o reacción química.

La texturización como proceso de cocción de alimentos, nos llevara a dotarles de una consistencia especial, que va de lo suave a crocante, jugándose con los estados intermedios.

Al final se podrá reconocer los sabores y aromas de los alimentos iniciales con una consistencia que en definitiva será más fácil de saborear y en muchos casos más digeribles, aunque en algunos casos se pretenda agregarlas fibras para lograr masticabilidad similar a los alimentos naturales, siendo ese el caso de la texturización de las proteínas de cereales y leguminosas. [2]

Con la extrusión, además, no perderemos las propiedades del alimento en los productos finales como sus características funcionales y sobre todo de sabor.

Otra adicional ventaja es la de homogenizar alimentos en su mezcla y con ello crear recetas con macro y micro nutrientes para la alimentación saludable.

La cocción por extrusión es altamente utilizada en la producción de alimentos en base a cereales y oleaginosas, incluyen una serie de operaciones unitarias, dándole un carácter complejo en las diferentes variables tanto de control como de procesamiento, siendo un proceso continuo, es muy intensivo y de alto rendimiento y una vez fijadas las condiciones iniciales la producción se mantendrá constante y estable.

Dentro de un extrusor se producen múltiples reacciones químicas que modifican tanto la estructura del alimento como la química de cada una de sus moléculas, pudiéndose moldear a la salida del mismo, implicando un texturizado por cambio de forma, siendo la texturización el proceso de convertir un agregado de proteína en una estructura fibrosa. Esto se consigue sometiendo a la proteína a una situación de estrés, provocando su desnaturalización, orientación y reorganización de los

nuevos agregados, reacciones que se dan de acuerdo a la presión y la temperatura dentro del extrusor.

3. DESARROLLO.

Las materias primas para la extrusión texturizante de cereales y leguminosas se pueden clasificar en los siguientes grandes grupos:

1.- Formadores de estructura; que en términos generales deben ser biopolímeros que se formen como espumas, que se expandirán ante la liberación de presión a la salida del extrusor en un efecto combinado con la temperatura, se modificara de manera drástica la viscosidad y podrá ser cizallado a la salida del molde.

A este fin funcionan los almidones presentes en la masa extrudable, siempre y cuando sean de bajo peso molecular.

Las proteínas a altas concentraciones cumplen también esta función, ya que son moléculas de tamaño medio o pequeño, pero pueden aglutinarse entre sí y lograr un ahilamiento conformado por la presión generada en el tornillo y su paso por el troquel de salida.

2.- Rellenos de la fase dispersa; las moléculas de bajo tamaño de celulosa y derivados de lignina que no se asocian entre sí, como los distintos salvados y sus estructuras fibrosas no forman espumas y por lo tanto rellenan los espacios entre fases de las emulsiones que se forman a lo largo del tornillo, constituyen variables operacionales para obtener productos más densos y de densidad controlada.

3.- Plastificantes y lubricantes; el impacto en la masa de extrudación es el de bajar la fuerza de cizalla producida en los tornillos, los más importantes son el agua y los aceites que muchas veces son contenidos en los cereales y las leguminosas de forma natural. Poca cantidad, del orden del 1 al 3 % tienen un efecto muy notorio.

4.- los sólidos solubles; son los materiales que adicionados dan características organolépticas, como la sal, azúcar y otros que van afectando en la viscosidad final.

5.- Nucleantes; son minerales como el carbonato de calcio finamente molidos, que al ser introducidos en la masa, apoyan la formación de burbujas en la espuma y con ello la expansión al final del extrusor.

6.- Colorantes, aromatizante y otros aditivos; como aditivos alimenticios y de acuerdo con la finalidad se los pueden utilizar, la única condición es que sean permitidos por norma y resistentes a la temperatura. [3]

Podemos apreciar que el proceso de texturización tiene la fase más importante en la formación de espumas y su consecuente ahilamiento al paso del tornillo, incluso a este fin se han desarrollado etapas especificas dentro del extrusor que permiten la cizalla adecuada a este objetivo.

Siendo el objetivo del presente artículo la texturización de cereales y oleaginosas, nos referiremos a este aspecto.

Se busca que las proteínas tanto los cereales como las oleaginosas puedan ser reestructuradas como fibras tras el paso por un extrusor, para dotarles de la nueva estructura de fibras alineadas de acuerdo al flujo de la masa extruida, con el fin de reemplazar la carne.

El desarrollo de sucedáneos cárnicos o análogos, conocidos también como sustitutos de la carne hace referencia a productos que no tienen carne animal, si llevan en su formulación proteína de origen vegetal, conservando propiedades de su espectro proteínico, tanto en cantidad como en calidad y con la extrusión de alta presión puede lograr la apariencia y sobre todo el sabor similar a carne.

Es decir, se logra mantener sus propiedades alimenticias con la textura de la fibra de la carne, ya sea de res, cerdo, u otro.

Importante es determinar las fuentes proteicas, de acuerdo a su calidad y comportamiento en el extrusor, donde la materia prima, especialmente en su contenido proteínico y sus propiedades fisicoquímicas, iniciales y luego las

combinadas por las reacciones químicas, redundaran en la capacidad final de retención del agua o aceite, su emulsificación, o de gelación como sistemas de varios componentes, muy características en las proteínas que formaran estructuras mostrando al final del proceso estas cualidades que luego impactaran en la calidad del producto final.

Las fuentes de materia prima vegetales más importantes son las proteínas de soya, el gluten y los guisantes, pudiéndose ampliar estas fuentes a otros cereales cuya importancia crece desde la estrategia de su producción local.

Se debe analizar el perfil de los aminoácidos presentes en las proteínas para así hacer alimentos completos en el espectro alimenticio.

Se ha visto que para lograr resultados apetecibles y sobre todo configurados en su textura adecuada se debe desarrollarlo con formulaciones específicas a más de un correspondiente ajuste de las variables de proceso.

Para lograr la texturización de apariencia fibrosa similar a la textura de musculo de la carne, se debe procesar a altas temperaturas en tiempos muy cortos y a la vez someterla a la mezcla a grandes presiones que puedan incidir molecularmente y así reorganizarla en fibras alineadas a la dirección de flujo, dentro del extrusor.

La energía requerida para este proceso se la introduce por la acción directa del intercambio de calor a lo largo de los tornillos y sobre todo por la fricción interna del flujo.

El trabajo se lleva a cobo a nivel molecular, produciéndose un alineamiento de las proteínas y con ello la creación de fibras. [4]

Dentro del extrusor se produce vapor sobrecalentado a alta temperatura obligando a que las proteínas se reordenen con nuevos enlaces peptídicos a través de los enlaces amino-carboxílicos, haciendo que la cadena proteínica sea más larga y lineal.

Como se aprecia en la aplicación de esta tecnología pueden ser diferentes los procesos de acuerdo con la cantidad de agua que se utilice en proceso.

Se considera que 20% a 30 % de humedad es un proceso seco con productos poco esponjosos que se podrán hidratar posteriormente. Por ser algo esponjosos absorben agua fácilmente al hidratarse, y por ello se los utilizan en pastas final como ser salchichas, pates, etc.

Con 60% a 80% de humedad se logran fibras más grandes cuya hidratación generara productos más parecidos a las carnes respectivas. Esta tecnología prevé el enfriamiento a presión en molde para así conformar la estructura fibrosa. [5]

Debemos considerar que para este proceso se debe dosificar la energía transmitidas a la masa de extrusión que es básicamente energía térmica, directamente transportada al sistema y la energía que se desarrolla por la fuerza de cizalla en el tornillo, por ello el control de ambos junto con el agua de enfriamiento es de singular importancia.

Entendemos que la extrusión húmeda, permitirá obtener distintos grados de “texturización” de proteínas en la medida que se modifique este parámetro de cantidad de agua, es decir la humedad de entrada a la extrusora, significando una modulación de procesos efectuados en la materia prima de proteínas vegetales.

El objetivo es la realineación de las moléculas por efecto de la presión y temperatura, logrando este realineado en medio acuoso, con menos viscosidad y libertad de movimiento molecular.

La aceptación de los productos finales tendrá que basarse en su textura, sabor, color aroma etc., dentro de los parámetros organolépticos, ya que su composición química y su calidad como alimento está determinada por la materia prima que se utilice si como por la calidad, especialmente en su perfil proteico.

Los aromas y el sabor se pueden definir en gran parte, a partir del ajuste de las variables de proceso, pensando en un encapsulamiento de los mismos dentro de la estructura proteínica, ya que éstos son muy volátiles.

Es posible por otra parte el potenciar sabores de acuerdo con el agregado de aditivos alimenticios conformados de acuerdo con la buena práctica del procesado de alimentos.

Es muy importante conseguir que la sensación de mordida sea parte del diseño organoléptico, así se determina la terneza y aspectos como la absorción de humedad y con ello la jugosidad de los alimentos. Estos factores son determinantes a la hora de calificar los extensores proteínicos, constituyendo una verdadera sensación completa al momento de comerlos.

La gran ventaja de utilizar alimentos como análogos cárnicos no solo está en su costo y su contenido alimenticio, sino que tiene especial importancia al momento de evaluar los efectos negativos generados en el consumo de carne animal, tonto en los consumidores como los impactos en el medio ambiente.

Cada día crecen los estudios que demuestran las conveniencias del consumo de vegetales en la dieta humana. [6]

Al momento por estas razones se fomenta y se considera una vía de producción y generación de alimentos prometedora, en la que se sustenta dietas saludables y lo más importante sostenibles en un mayor respeto al medio ambiente.

Estamos seguros que los alimentos procesados por extrusión son ricos en proteínas vegetales, minerales y micronutrientes en la medida de los contenidos de las materias primas originales, ya que en el proceso no se pierden en su composición.

El procesado por extrusión tiene aún un gran desarrollo, su complejidad nos permite lograr grandes recorridos tecnológicos como desarrollos industriales, surgiendo muchas oportunidades, sobre todo por ser un proceso continuo de alta capacidad de producción.

4. TEXTURIZANDO POR EXTRUSIÓN:

El proceso de extrusión genera por excelencia un cambio de forma y textura en los cereales y oleaginosas, a través de él será posible obtener alimento acorde con la realidad de cada región, utilizando las materias primas locales, de alto contenido nutricional.

El desarrollo de nuevos productos, constituye desde hace muchos años retos en los que están involucradas las empresas alimentarias. Dependerá de estos esfuerzos el crearlos y comercializarlos, bajo la continua supervisión de profesionales especialmente preparados.

El mundo de la extrusión de alimentos. Aún está desarrollándose siendo de especial significancia su impacto dentro de su campo, desde el mezclado al cocimiento continuo y modificación de parámetros organolépticos, pasando por la tecnología del sabor y textura.

Una vez que está determinado el proceso, ponerlo en marcha es relativamente fácil y simple, los extrusores cuentan con un tornillo, dos o numero par de ellos que giran de manera coordinada dentro de una camisa por la que fluyen las mezclas de harina, ejerciendo presión para que en el recorrido se genera presión y temperatura.

Los extrusores pueden ser calentados desde fuera del tornillo a fin de conseguir un perfil de temperaturas adecuado, suele mantenerse la temperatura solo con la fricción o inclusive en muchos casos se requiere enfriar con el paso de un fluido enfriador, que puede ser agua circulando en una camisa o aire desde ventiladores. [6].

Es de resaltar que una vez estabilizado el proceso, éste se mantiene estable gracias a los sistemas de auto-control automatizado que normalmente tienen estos equipos.

CAMBIOS EN LOS ALIMENTOS

Las condiciones de extrusión nos darán características específicas en el producto final, así como juega un papel importante la humedad y los contenidos de grasa de los cereales u oleaginosas.

Mientras más alta sea la temperatura obtendremos productos más secos, influyendo en el tiempo de vida útil del alimento, así como mucha humedad podrí afectar al producto en su sensibilidad a las resistencias biológicas.

El producto a altas presiones, al momento de su salida, generalmente a presión atmosférica, de manera súbita perderá su agua en forma de vapor generándose un producto más esponjoso, de menor densidad y en algunos casos crocante.

Si se requiere que el producto salga siendo húmedo, tal vez se tenga que adicionar una etapa de secado.

De acuerdo a la finalidad del alimento, se puede adicionar otros aditivos como saborizantes, aromas, sal, azúcar, etc. Aditivos que en muchos casos son diseñados específicamente para soportar esas presiones y temperaturas.

Muchas veces en la etapa de extrusión se puede adicionar colorantes a fin de homogenizar su aspecto, siempre y cuando éste no sufra degradaciones por la temperatura.

A la fecha son muchos los productos que se producen por este sistema de procesado, por ejemplo, los desayunos instantáneos, alimentos para infantes, aperitivos, copos de maíz, etc.

Además, este proceso de producción es continuo, de alto rendimiento y de baja inversión.

Las hamburguesas, de sustitución parcial de proteína vegetal, por ejemplo, están siendo están siendo elaboradas con gran aceptación, especialmente con los defensores de la línea ecológica, generalmente resultan del procesado de proteína de origen en la soya. Por ello su contenido proteínico es alto, de características organolépticas, sabor y nutrición muy similares a las proteínas de origen animal.

Al aumentar la temperatura dentro del extrusor las proteínas de la soya cambian su estructura y tanto por la presión como por el sentido del flujo se van alineando tomando una apariencia de fibra que a lo largo del proceso se parecerá a las fibras del musculo de las carnes animales y así se consumirá siendo tanto en forma como en composición muy similar a las proteínas animales. [5]

Al ser alimentos vegetales están libres de colesterol y por ello su consumo beneficia a la salud, además tienen enriquecimiento de minerales y otros nutrientes.

5. PROTEÍNAS TEXTURIZADAS Y ANÁLOGOS DE CARNES EXTRUIDOS

La texturización por extrusión de las proteínas son únicas y características, se puede aproximar a condiciones muy especiales y deseadas con finalidades específicas, de palatabilidad adecuada para un determinado sector.

La soya para la obtención de extensores cárnicos debe cumplir características muy específicas, entre ellas se fija como rango de la actividad del inhibidor de la tripsina (TIA), el índice de dispersabilidad de la proteína (PDI) y la actividad de la ureasa en rangos de 60 a 80. Los niveles de aceites deberán estar en 1 a 6 %, la fibra no deberá pasar del 7.5%, y la granulometría de partículas no exceder el diámetro de 2.4 mm.

Si el DPI es menor, las proteínas no se alinean adecuadamente, resultando un producto muy esponjoso. Los niveles altos de aceites vegetales tienden a lubricar el tornillo haciendo que no se consiga la presión adecuada y con ello no se consigue la debida formación de la “texturización”. Si se tiene mucha fibra, ésta obstaculiza el debido flujo molecular y con ello evita la formación del ahilamiento.

Las partículas muy grandes no terminan de procesarse en el recorrido del extrusor, presentando puntos “crudos” que no tuvieron ninguna transformación.

Las primeras extrusoras que procesaron proteína de soya fueron las mono-tornillo, que con un largo suficiente podían garantizar el correcto procesado de todas las partículas de la materia prima, sin embargo, a la fecha por el desarrollo de materiales más duros, así como superficies más acondicionadas a la fricción se ha llevado la extrusión a extrusoras con dos tornillos.

Se han estudiado otras fuentes de proteínas vegetales, como harinas de algodón, maní desgrasado y ajonjolí, entre otras.

Por las razones expuestas a la fecha se han desarrollado las extrusoras de tornillos gemelos y así incrementar la variedad de harinas potenciales de procesamiento.

Si bien las partes principales de las extrusoras siguen siendo las mismas, la tecnología tiene tendencia a desarrollar sistemas de control de variables más

exactos, en esencia tienen de un sistema de acondicionado de harinas, que, a más de elevar la temperatura inicial, produce una mezcla y humidificación muy íntima.

Luego sigue la etapa de alimentación al tornillo, que debe ser continua y constante a fin de que se mantenga el proceso controlado dentro de los parámetros pre-establecidos.

Las harinas ingresan a interior del barril, empujados por los tornillos y se calientan rápidamente, aunque aún siguen siendo polvos, en una segunda etapa de calentamiento las harinas son forzadas a pasar entre los tornillos y por efecto de la temperatura y presión se produce una formación de masa visco-elástica en cuyo interior se producen las reacciones de cocimiento y regenerado molecular de tendencias a formar moléculas lineales de las proteínas.

La tercera etapa de calentamiento, tiene que ver con el preparado final de la masa transformada de harinas en un pre-formado a la salida por los moldes donde son presionados a pasar por un orificio final que junto con un sistema de corte continuo le dará la forma final al producto. [7]

Los análogos cárnicos tienen mucha semejanza tanto en forma como en composición química con las carnes, así como en apariencia, su textura, sabor, que al ser una mezcla de proteínas se comportan de la misma manera.

Se han utilizados otras proteínas y aditivos alimenticios a fin de conseguir otros efectos deseados, como ser gluten, saborizantes y ligantes, en la etapa final. [9]

6. CONCLUSIONES:

Como conclusiones podemos decir que el proceso de texturización por extrusión, aprovecha los almidones y las proteínas reorganizándolas a nivel molecular, para ello utiliza las moléculas de tamaño medio, las que en el paso del extrusor finalmente adquieren la nueva textura de fibra ahilada; esta situación nos abre posibilidades importantes de fabricación de alimentos, sin afectar ni su poder alimenticio ni su sabor.

Al presentarse los alimentos deshidratados, pasteurizados y pre cocidos se facilita su preparación final, mostrando mejoras en los procedimientos de cocina.

Las materias primas para lograr esta texturización, son los granos de cereales y leguminosas que preparadas como harinas mezcladas no requieren de especial tratamiento.

La adquisición de fibrocidad en los alimentos, como el atributo de un alimento relacionado con la percepción de fibras en su consistencia en el resto de la masa durante la masticación, generado por el reordenamiento proteínico por texturización de las mezclas de harinas, permiten ser consideradas como sustitutos cárnicos en sus diferentes procesos a un rango mayor o igual de contenido nutricional.

Por todo ello creemos que a partir de la texturización de cereales y oleaginosas podemos desarrollar nuevos productos alimenticios con nuevas características, este campo de producción de alimentos está en constante crecimiento, esperamos se desarrollen trabajos de investigación no solo en la determinación de las variables de producción, sino en la generación de nuevos productos que sean la combinación de alimentos, donde la multidisciplina en las ramas de ingeniería y otras tendrán un gran aporte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[1] Sahin S. , Gulum S.(2009) Propiedades físicas de los alimentos. Editorial Acribia

[2] Alam, M. S., Kaur, J., Khaira, H., & Gupta, K. (2016). Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusión

process parameters: a review. Critical reviews in food science and nutrition

[3] Guy R. (2001), Extrusión de los alimentos. Editorial Acribia.

[4] Harper, J. Food (1989) extruders and their applications. Extrusion cooking.

AACC. St Paul. Minn.

[5] Fore D., Young G. (2021) Tecnología de Extrusión para Alimentos y Piensos:

Teoría de la Extrusión: Un Enfoque Aplicado. Editorial Food Industry Engineering..

[6] Hui, Y. H. (1992) Encyclopedia of food science and technology. Vol. 2. Ed. A Wiley Interscience Publication.

[7] Guo, Z., Teng, F., Huang, Z., Lv, B., Lv, X., Babich, O., ... & Jiang, L. (2020). Effects of material characteristics on the structural characteristics and flavor substances retention of meat analogs. Food Hydrocolloids

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
Ministerio de Educación
Moromboeguasu Jeroata
Yachay Kamachina
Yaticha Kamana

00056

MINISTERIO DE educación
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

MERCOSUR cnacu

LA COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE CARRERAS UNIVERSITARIAS

En sujeción y al amparo de la Ley Nº 070 de la Educación "Avelino Siñani - Elizardo Pérez" del 20 de diciembre de 2010

CERTIFICA

Que la Carrera de:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

de la

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

con sede académica en la ciudad de LA PAZ, *ha cumplido los criterios establecidos para la*

ACREDITACIÓN

al Sistema ARCU - SUR, del MERCOSUR EDUCATIVO

Este reconocimiento de la Calidad Académica tiene alcance Regional en el MERCOSUR, con validez de un periodo de seis (6) años.

La Paz, septiembre de 2019

Msc. Lic. Eduardo Cortez Baldiviezo
Presidente de la Comisión Nacional de Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Lic. L. Antonio Carvalho Suárez
Vocal de la Comisión Nacional de Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Abog. Lyon Justo Roberto Bohórquez Ayala
Vocal de la Comisión Nacional de Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

COMITÉ EJECUTIVO DE LA UNIVERSIDAD BOLIVIANA

Certifica que:

La **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la **UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS,** ha concluido de manera satisfactoria el proceso de Evaluación Externa con fines de Acreditación, de acuerdo al Reglamento vigente en el Sistema de la Universidad Boliviana.

Que, al amparo de la Resolución No. 92/2023 de la II Conferencia Nacional Ordinaria de Universidades, llevada a cabo el día 14 de febrero del año en curso, en la ciudad de Sucre, la **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la Universidad Mayor de San Andrés de la ciudad de La Paz es reconocida como:

UNIDAD ACADÉMICA ACREDITADA

El periodo de Acreditación se extiende hasta el 05 de septiembre del 2025.

Es cuanto certificamos en honor a la verdad con el respaldo de la documentación respectiva.

La Paz, marzo 2023

M.Sc. Ing. Freddy Mendoza Espinoza
SECRETARIO EJECUTIVO NACIONAL

M.Sc. Lic. José Luis Segovia Saucedo
SECRETARIO NACIONAL DE EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN

Abog. Israel Hugo Centellas Vargas
SECRETARIO NACIONAL DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

Ing. Mario Fernando Urey Contreras
SECRETARIO NACIONAL ACADÉMICO

industrial.umsa.bo / iiifi.umsa.bo / inuisiso.umsa.bo / iniam.umsa.bo

Universidad Mayor de San Andres
Facultad de Ingenieria

Todos los Derechos Reservados, 2023
La Paz - Bolivia

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175
Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingenieria
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402
Web: industrial.umsa.bo
Email: ingindustrial@umsa.bo
revistaindustrial4.0@umsa.bo
Campus Universitario - Cota Cota, calle 30

by: