



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**ESTUDIO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE ARROZ
CROCANTE POR EXTRUSIÓN**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN ALIMENTOS**

DIEGO ANDRÉS OCAÑA BAQUERO

DIRECTORA: ING. GABRIELA VERNAZA

Quito, Octubre 2013

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2013
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **DIEGO ANDRÉS OCAÑA BAQUERO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Diego Andrés Ocaña Baquero

C.I. 171616444-5

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Estudio del proceso de elaboración de arroz crocante por extrusión**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero en Alimentos** fue desarrollado por **Diego Andrés Ocaña Baquero**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Gabriela Vernaza, Ph. D.

DIRECTORA DEL TRABAJO

C.I. 171111124-3

DEDICATORIA

A mi madre, Gladys Baquero, a quién dedico el presente trabajo por su perseverancia, lucha, he incondicional apoyo. Por ser quien me ayuda con su ejemplo, fe y optimismo a cada momento. Gracias mami por recordarme constantemente qué tan lejos puedo llegar y demostrarme que los objetivos que uno quiere y anhela, se los alcanza con fuerte trabajo, dedicación y empeño.

A toda mi familia, por sus ánimos y fuerza brindada para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido culminar una etapa de mi vida profesional, la cual me llena de orgullo y satisfacción.

A ALIMENTOS FORTESAN, por abrirme las puertas y permitirme desarrollar mi trabajo de titulación, por escuchar mis propuestas y ofrecerme sus consejos en base a sus conocimientos, para el desarrollo de las mejoras.

A unos grandes amigos; Flia. Parra Yáñez, quienes han estado siempre presentes brindándome su apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. EXTRUSIÓN.....	4
2.2. EVOLUCIÓN DE LA EXTRUSIÓN	4
2.3. TERMINOLOGÍA	7
2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS EXTRUSORES	8
2.4.1. ISOTÉRMICO.....	9
2.4.2. AUTÓGENO.....	9
2.4.3. POLITRÓPICO.....	9
2.4.4. EXTRUSORES DE UN SOLO TORNILLO.....	9
2.4.5. EXTRUSORES DE TORNILLO DOBLE.....	10
2.4.5.1. Extrusores de tornillo doble de rotación opuesta o contra-rotación	10
2.4.5.2. Extrusores de tornillo doble co - rotadores.....	11
2.5. MÉTODOS DE EXTRUSIÓN	12
2.5.1. PROCESO DE EXTRUSIÓN EN SECO	12

2.5.2. PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HÚMEDO.....	13
2.6. ZONAS DE PROCESADO DE LA EXTRUSIÓN.....	13
2.6.1. ZONA DE ALIMENTACIÓN	13
2.6.2. ZONA DE AMASADO	14
2.6.3. ZONA DE COCCIÓN	14
2.7. VENTAJAS DE LA EXTRUSIÓN.....	15
2.8. PRODUCTOS OBTENIDOS POR EXTRUSIÓN.....	17
2.9. PRODUCTOS EXPANDIDOS.....	18
2.9.1. FACTORES IMPORTANTES EN LA EXPANSIÓN DIRECTA POR EXTRUSIÓN.....	21
2.10. ARROZ	22
2.10.1. CARACTERÍSTICAS.....	22
2.10.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	22
2.10.3. CULTIVO DE ARROZ EN EL ECUADOR	24
2.11. SOYA.....	25
2.11.1. CARACTERÍSTICAS.....	26
2.11.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	26
2.11.3. CULTIVO DE SOYA EN EL ECUADOR.....	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	30
3.1.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	30
3.1.2. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA.....	30
3.1.3. DETERMINACIÓN DE PERÓXIDOS	31
3.1.4. DETERMINACIÓN DE GRASA.....	31
3.1.5. DETERMINACIÓN DE CENIZA	31

	PÁGINA
3.1.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	31
3.2. ANÁLISIS PRELIMINAR	31
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	32
3.4. ANÁLISIS DE PRODUCTO FINAL ARROZ CROCANTE.....	33
3.4.1. HUMEDAD	33
3.4.2. DENSIDAD.....	33
3.4.3. ÍNDICE DE EXPANSIÓN	33
3.4.4. INTENSIDAD DE CROCANCIA	34
3.4.5. ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA	34
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	36
4.1.1. HUMEDAD	36
4.1.2. PROTEINA.....	37
4.1.3. PERÓXIDOS.....	38
4.1.4. GRASA.....	38
4.1.5. CENIZA	39
4.1.6. CARBOHIDRATOS	39
4.1.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	40
4.2. ANÁLISIS PRELIMINAR	41
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS A PARTIR DE CADA TRATAMIENTO.....	47
4.3.1. HUMEDAD	48
4.3.2. DENSIDAD.....	49

	PÁGINA
4.3.3. ÍNDICE DE EXPANSIÓN	52
4.3.4. INTENSIDAD DE CROCANCIA	55
4.3.5. ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA	57
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1. CONCLUSIONES	61
5.2. RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63
ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Composición nutricional promedio del arroz.....	24
Tabla 2. Composición nutricional de la soya.	27
Tabla 3. Comparación con la proteína de referencia IOM/FNB 2002 (mg / g de proteína).....	28
Tabla 4. Composición Proximal.....	36
Tabla 5. Contenido de UFC / g en materia prima	40
Tabla 6. Composición de un batch de arroz crocante	42
Tabla 7. Datos humedad, densidad y diámetro Turno 1.....	45
Tabla 8. Datos humedad, densidad y diámetro Turno 2.....	45
Tabla 9. Tratamientos del Diseño Experimental.....	47
Tabla 10. Valores de Humedad, Densidad e Índice de expansión.	48
Tabla 11. Resultados prueba de ordenamiento.....	55
Tabla 12. Valores del ISA y IAA	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Datos Históricos Extrusión	6
Figura 2. Componentes de flujo de arrastre en extrusor de tornillo único.	10
Figura 3. Tornillos inter-engranados en contra rotación.....	11
Figura 4. Tornillo inter-engranado en co-rotación	12
Figura 5. Zonas de procesado del extrusor.....	15
Figura 6. Zonificación del cultivo de arroz en el Ecuador.....	25
Figura 7. Factores y niveles.	32
Figura 8. Diagrama de flujo para la elaboración de arroz crocante.....	41
Figura 9. Llave de paso de agua, al extrusor.	44
Figura 10. Volumen de agua que ingresa al extrusor.....	44
Figura 11. Flujómetro del extrusor.	45
Figura 12. Influencia de la humedad, densidad y diámetro Turno 1.....	46
Figura 13. Influencia de la humedad, densidad y diámetro Turno 2.....	46
Figura 14. Humedad de los productos según cada tratamiento.....	49
Figura 15. Densidad de los productos según cada tratamiento.	50
Figura 16. Índice de Expansión de los productos según cada tratamiento.	53
Figura 17. Prueba de Ordenamiento.....	56
Figura 18. Índice de solubilidad en agua.....	58
Figura 19. Índice de absorción de agua	58
Figura 20. Siembra de coliformes totales por el método del número más probable.....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1.	
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.....	70
ANEXO 2.	
DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA.....	71
ANEXO 3.	
DETERMINACIÓN DE PERÓXIDOS.....	72
ANEXO 4.	
DETERMINACIÓN DE GRASA	73
ANEXO 5.	
DETERMINACIÓN DE CENIZA.....	74
ANEXO 6.	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	75
ANEXO 7.	
DENSIDAD	78
ANEXO 8.	
ÍNDICE DE EXPANSIÓN.....	79

ANEXO 9.

INTENSIDAD DE CROCANCIA..... 80

ANEXO 10.

PRUEBA DE ORDENAMIENTO APLICADA A PANEL ENTRENADO..... 82

ANEXO 11.

ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD
EN AGUA..... 83

ANEXO 12.

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE GRASA EN HARINA
DE ARROZ 84

ANEXO 13.

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE GRASA EN
CONCENTRADO DE SOYA..... 85

ANEXO 14.

TABULACIÓN DE VALORES DE ACEPTABILIDAD OBTENIDOS A
PARTIR DE LA PRUEBA POR ORDENAMIENTO..... 86

RESUMEN

La utilización de concentrado de soya, conjuntamente con la harina de arroz es de gran beneficio en la elaboración de productos alimenticios, ya que permiten complementar y enriquecer nutricionalmente los productos. La calidad de la proteína esta principalmente determinada por los aminoácidos que la componen. El objetivo de este trabajo fue obtener arroz crocante por extrusión con adición de harina de soya, para la empresa de alimentos fortificados FORTESAN. Primeramente se realizó la caracterización de la materia prima y luego se realizó un diseño experimental A x B, para estudiar la influencia del flujo de agua de 560 ml/min a 600ml/min y de la temperatura de secado de 100°C a 110°C, sobre las características tecnológicas (humedad final, densidad, índice de expansión, índice de solubilidad y absorción de agua) y sensoriales (intensidad de crocancia) de los productos obtenidos. Los resultados obtenidos mostraron que a mayor flujo de agua y menor temperatura de secado, la humedad y densidad del arroz crocante aumenta. El producto obtenido con un flujo de agua de 600 ml/min y con una temperatura de secado de 100°C, presentó los parámetros más adecuados que se ajustan a la necesidad de la empresa. Este producto presentó una humedad final de 4.77 ± 0.27 %; una densidad de 0.2 ± 0.007 g/L y una textura con una buena intensidad de crocancia. Tanto la caracterización de la materia prima, como la selección de un tratamiento en función a las características requeridas del producto, han permitido establecer parámetros de calidad bajo los cuales se manejan con la finalidad de obtener un producto estandarizado dentro de la empresa.

ABSTRACT

The use of soy protein concentrates jointly with rice flour enhance the nutritional value of products. The quality of the protein is mainly determined by the amino acids composition. The objective of this work was to obtain crispy rice by extrusion with addition of soybean flour, for the fortified foods FORTESAN Company. First, the characterization of the raw material was carried out. Then an experimental design A x B was performed, to study the influence from the water flow (560 ml/min - 600ml/min) and of the drying temperature (100°C to 110°C), on the technological characteristics (final moisture, density, expansion index, water solubility index and water absorption index) and sensorial (crispness intensity) of the obtained products. The obtained results showed that the bigger the water flow and the smaller the drying temperature, the moisture and density increases. The obtained product with a water flow of 600 ml/min and drying temperature of 100°C presented the most appropriate parameters that are adjusted to the necessity of the company. This product presented a final moisture of $4.77 \pm 0.27\%$; a density of 0.2 ± 0.007 g/LI and a texture with a good intensity crispness. Both, the characterization of the raw material, and the selection of a treatment in function to the required characteristics of the product, have allowed to establish quality parameters to obtain a standardized product inside the company.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En el artículo 160 de la Ley Orgánica de Educación Superior, se establece que las Instituciones de educación superior tienen que promover propuestas de ayuda a la comunidad y buscar soluciones a problemas del país, donde de manera obligatoria se llevará a cabo la realización de un trabajo final; para poner en práctica las disposiciones de la Universidad; este tema busca estudiar un proceso productivo en una empresa del país, cuyo beneficio se verá representado en el aumento del rendimiento del mismo (LOES, 2010).

Las paras actuales de la empresa de alimentos fortificados FORTESAN, en el proceso de producción de arroz crocante por extrusión, son un inconveniente ya que causa retrasos y pérdidas en los procesos posteriores, lo que se ve reflejado directamente en el rendimiento y rentabilidad de la misma.

Por esta razón mediante la caracterización de la materia prima y un estudio del proceso de elaboración de arroz crocante, se buscó determinar un método que facilite el proceso productivo, en el cual las paras puedan disminuir y el producto final arroz crocante pueda tener una humedad y densidad estándar, acorde a los rangos establecidos por la fábrica que son de 4-5% de humedad y una densidad entre 0.190-0.200 g/l con lo que los procesos posteriores no tendrían retraso y el resultado final sería un producto homogéneo.

El arroz crocante en la empresa de alimentos fortificados FORTESAN, es un producto que sirve como materia prima, para la elaboración de barras de cereales, también producidas en la empresa. La finalidad del estudio del proceso de elaboración de arroz crocante por extrusión, es obtener un producto de calidad basada en la textura (intensidad de crocancia), humedad, densidad, y tamaño del producto final “arroz crocante”.

El proceso de elaboración de arroz crocante en la empresa de alimentos fortificados FORTESAN, se lo realizaba con una guía de apoyo en la cual, no existía ningún método estandarizado. Por lo que el proceso de elaboración de arroz crocante presentaba ciertos inconvenientes en la producción, principalmente en la calidad del producto final. Al obtener una elevada variación de humedad que se encontraba entre el 4-8% y una densidad entre 0.155-0.265 g/L, el resultado obtenido era un producto con distintas características, que eran un arroz muy expandido, por ende muy liviano o viceversa que era poco expandido y muy pesado; en los dos casos el arroz obtenido daba problemas en el posterior proceso.

Estos parámetros (humedad y densidad), complican el proceso de elaboración de la barra de cereales, ya que al variar también varía el tamaño del arroz, lo que ocasiona taponamientos del cañón en el proceso de elaboración de barra y variación de pesos en el producto terminado; lo que da como resultado pérdidas y retrasos en el proceso productivo.

Es por esta razón que se requiere controlar estos parámetros, ya que además de las pérdidas y retrasos que ocasiona esta variación, la fábrica al trabajar directamente con el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), se somete a estrictos procesos de control en donde debe cumplir con todos los requisitos establecidos en los contratos y uno de ellos es que cada caja de barra debe pesar 5kg, caso contrario se rechaza el pallet o el lote hasta su corrección o simplemente dicha entidad no se hace cargo del producto.

Para ello la empresa de alimentos fortificados FORTESAN, busca realizar el estudio del proceso de elaboración de arroz crocante por extrusión, con la finalidad de tener un proceso productivo claro, el mismo que les dé como resultado un producto homogéneo dentro de los rangos requeridos que son entre 4-5% de humedad y una densidad entre 0.190-0.200 g/ml con lo que los procesos posteriores no tendrían retraso y el resultado final sería un producto

homogéneo, el mismo que les evite todos los inconvenientes que se les han presentado hasta la fecha. Para lo cual la empresa está dispuesta a implementar algún equipo que sea necesario siempre y cuando este aporte de manera positiva y beneficie en la solución de los problemas.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener arroz crocante por extrusión, para la empresa de alimentos fortificados FORTESAN.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la materia prima empleada para la realización de arroz crocante mediante análisis físico - químicos y microbiológicos.
- Analizar la influencia del flujo de agua y de la temperatura del secador en la obtención de producto terminado.
- Caracterizar tecnológica y sensorialmente los productos obtenidos a partir del diseño experimental.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EXTRUSIÓN

La palabra extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar, empujar, presionar, un material hacia afuera a través de un orificio. Esto consiste básicamente en comprimir los alimentos hasta conseguir una masa semisólida, que después pasa por una pequeña abertura, la que permite obtener una gran variedad de texturas, formas y colores a partir de un ingrediente inicial (Becerra & Cerda, 2002).

Rossen & Miller (citado en Riaz, 2004) mencionan lo siguiente:

“La extrusión de alimentos es un proceso en el que un material alimentario es forzado a fluir, bajo una o más variedades de condiciones de mezclado, calentamiento y cizallamiento, a través de un troquel que se diseña para moldear y/o secar e inflar los ingredientes”. (p. 1)

El extrusor de alimentos facilita los procesos de moldeado y reestructuración para los ingredientes alimentarios. Es una operación unitaria altamente versátil que se la puede aplicar a diversos procesos alimentarios. Formando productos de forma constante, donde la mayor parte de los extrusores realizan el mezclado y la conversión de las materias primas en masas manejables que puedan fluir a través de la boquilla o matriz (Riaz, 2004).

2.2. EVOLUCIÓN DE LA EXTRUSIÓN

A través del tiempo los extrusores han sido utilizados para procesar materiales viscosos como plásticos, hule y algunos alimentos (pasta de trigo). Pero no cabe duda que la tecnología de la extrusión tenga su origen en la industria plástica. Se conoce que a principios del siglo XIX se utilizaron los primeros extrusores en la producción de pastas (Guy, 2002; Riaz, 2004).

En 1930 General Mills, Inc., usó un extrusor de tornillo simple para la elaboración de cereales listos para comer, también se usó un extrusor que mezclaba semolina, agua y otros ingredientes formando una masa que al ser presionada hacia afuera, formaba diferentes tipos de pastas, las mismas que se las conoce hasta la actualidad. A partir de esta fecha, se impulsó esta tecnología. La evolución de la extrusión se muestra en la figura 1, la misma que en la actualidad es de gran importancia en el sector industrial (Zúñiga, 2005).

En la década de los 40, se trabajó en el desarrollo de extrusores de tornillo simple y se los utilizó en la industria aceitera, exprimiendo el aceite de las semillas oleaginosas. De esta manera fueron sustituidas las prensas hidráulicas que eran las utilizadas para este fin. A finales de los cuarenta con los deseos de mejorar la digestibilidad y la palatabilidad de piensos animales, se empezaron a diseñar y desarrollar los extrusores de cocción, con la finalidad de fabricar alimentos balanceados para el ganado, siendo a finales de los sesenta e inicios de los setenta que se dió gran impulso a la producción de este tipo de alimentos (Riaz, 2004).

En la actualidad los extrusores son empleados para elaborar productos tan diversos como alimentos nutritivos para niños, snacks, balanceados para las mascotas y animales de criadero, entre otros.

La extrusión se ha vuelto un proceso importante en la fabricación de alimentos, ya que es capaz de efectuar un número de operaciones en el cual una mezcla de materia prima se somete a fuerzas de presión y cizallamiento, que transforman su estructura molecular permitiendo crear nuevas formas y texturas, convirtiéndolo en un proceso que combina diversas operaciones unitarias como la trituración, mezclado, homogenización, cocción, enfriamiento, producción de vacío, moldeado, cortado, llenado, entre otros (Guy, 2002).

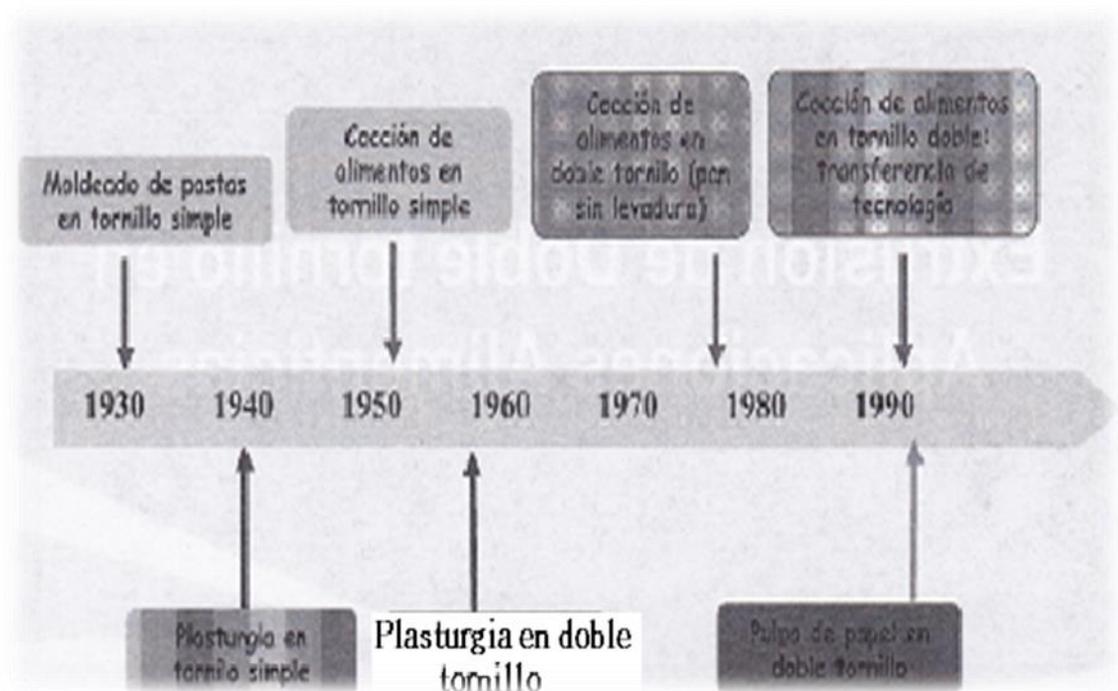


Figura 1. Datos Históricos Extrusión

(CLEXTRAL, 2011)

Cuando en el transcurso de una operación de extruido, el alimento es sometido a tratamiento térmico, al proceso se le denomina extrusión con cocción (o extrusión en caliente). Uno de los principales objetivos que tiene la extrusión, consiste en ampliar la variedad de alimentos que componen la dieta diaria; elaborando productos de distinta forma, textura y color a partir de ingredientes básicos. Así queda una vez más demostrado que la tecnología conjuntamente con la cocción por extrusión, es la manera más eficiente por la cual se puede descomponer materias primas alimentarias. Todos los alimentos expandidos obtenidos a partir de la extrusión, donde los parámetros y condiciones estén bien determinados, serán seguros y de buena calidad para el consumo (CLEXTRAL, 2011).

La mayor parte de los alimentos extruidos, se componen principalmente de cereales, almidones, azúcares y proteínas vegetales. También existen

aplicaciones adicionales, para algunas de las proteínas animales, las mismas que son mezcladas con cereales y granos para producir un alimento que responda a las necesidades de un mercado específico (balanceados) (Becerra & Cerda, 2002).

En el año 2002, Guy dijo que la extrusión es una operación unitaria, la misma que está ganando gran acogida en el mercado industrial por una gran variedad de razones, entre las principales se tiene:

- Utilización eficiente de energía
- Tecnología simple
- Inactivación de enzimas.
- Bajos costos de producción
- Versatilidad
- Proceso automático con gran capacidad de producción.
- Permite procesar distintas formulaciones, según necesidades de mercado, etc.

2.3. TERMINOLOGÍA

Cada una de las partes de los extrusores tienen su propio nombre o término especial, los mismos que dependen de los fabricantes; por lo que la terminología puede ser confusa y de difícil comprensión. Por esa razón se explican los términos más comunes dentro del proceso de extrusión.

Las partes principales con las que cuenta un extrusor son la reserva de alimentos, que es la materia prima o mezcla que va a ser procesada en el extrusor. El preacondicionador, que es un embalaje que regula el contenido de humedad y temperatura de los ingredientes. El tornillo, es la parte esencial que se encarga de transportar el producto a través del extrusor. El cilindro, es el

dispositivo de retención, similar a un tubo dentro del cual el tornillo del extrusor gira. La camisa de enfriamiento o calentamiento, es una manga hueca alrededor de la cual circula agua fría o vapor, la misma que se encuentra alrededor del cilindro. El respiradero, nos permite la eliminación de la presión y el vapor desde el producto (Riaz, 2004; Zúñiga, 2005; CLEXTRAL, 2011; Guy, 2002).

El tornillo es la parte esencial dentro del extrusor ya que transporta el producto a través del extrusor. Está conformado por la rosca, que es la superficie helicoidal, la que transporta el tornillo y empuja el producto hacia delante por el corazón, que es el eje del tornillo y en su alrededor la rosca se enrosca por el grado de inclinación, el mismo que indica el ángulo en el cual está la rosca y tiene relación con el eje del tornillo o corazón. El engranaje, es un elemento del tornillo que posee corazón hueco. Los tornillos de corazón hueco, que son tornillos o ejes sólidos, se los puede perforar para que circulen líquidos de calentamiento o enfriamiento, generando así un área extra para la transmisión de calor. El cierre de cizalla, es un dispositivo parecido a un anillo que cierra las secciones del engranaje en un tornillo modular; reduciendo el retro golpe del vapor a las secciones del enfriador del cilindro (Guy, 2002; Riaz, 2004).

2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS EXTRUSORES

La clasificación de los extrusores se la puede realizar según distintos criterios, por ejemplo, la humedad del producto a extrudirse, si el extrusor es de tornillo simple o de doble tornillo, o por las características funcionales o termodinámicas del proceso (Riaz, 2004).

Tomando en cuenta la clasificación por las características funcionales y termodinámicas tenemos los siguientes tipos:

2.4.1. ISOTÉRMICO

En este tipo de extrusores el calor es controlado mediante fuentes auxiliares a través de calentamiento o enfriamiento por chaquetas conectadas al barril, manteniendo una temperatura constante. Los extrusores moldeadores son los que pertenecen a este tipo (Guy, 2002).

2.4.2. AUTÓGENO

En este tipo de extrusores el calor se genera por la conversión de la energía mecánica en el flujo del proceso. Este tipo de extrusores son utilizados para la elaboración de frituras (Zúñiga, 2005).

2.4.3. POLITRÓPICO

En estos extrusores el calor generado proviene de la disipación de la energía mecánica y fuentes auxiliares; la mayor parte de los extrusores pertenecen a este tipo (Zúñiga, 2005).

Los extrusores de alimentos también se pueden clasificar en extrusores de tornillo simple y extrusores de doble tornillo (Miller, 1990).

2.4.4. EXTRUSORES DE UN SOLO TORNILLO

Los extrusores de un solo tornillo son los dispositivos de extrusión más utilizados en la industria de procesamiento de alimentos, este tipo de extrusores produce más tonelaje de productos extrudidos que cualquier otro tipo de procesado por extrusión. Los distintos productos realizados por estos extrusores van desde aperitivos de maíz completamente cocidos con densidad baja, a densos y de pasta parcialmente cocida y moldeada (Riaz, 2004).

El canal del tornillo en estos extrusores no está dividido, es decir el tornillo es continuo a lo largo del tamaño del tornillo y en lugar de ser empujado por las aletas del tornillo, el producto es arrastrado por el canal del tornillo tal como se

muestra en la figura 2; debido al movimiento relativo del mismo y la superficie del barril.

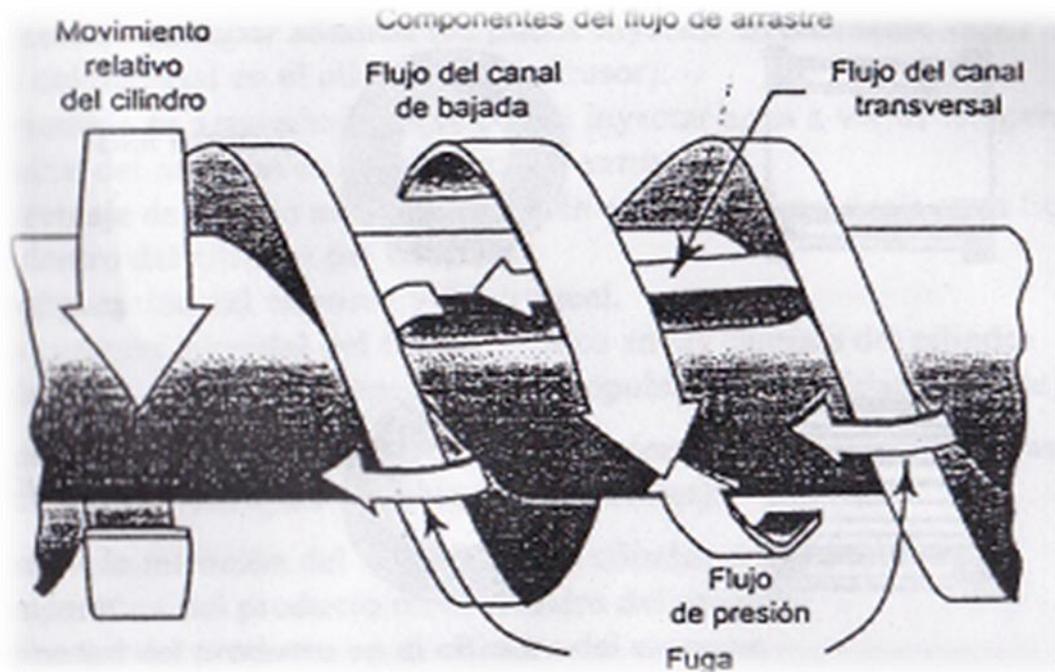


Figura 2. Componentes de flujo de arrastre en extrusor de tornillo único.

(Riaz, 2004)

2.4.5. EXTRUSORES DE TORNILLO DOBLE

Los extrusores de doble tornillo se los puede clasificar sobre la base de la dirección de rotación del tornillo en las siguientes categorías:

Estrusores de doble tornillo en contra-rotación.

Extrusores de doble tornillo en co-rotación.

2.4.5.1. Extrusores de tornillo doble de rotación opuesta o contra-rotación

Estos extrusores no son de gran uso dentro de la industria alimentaria, a pesar de ser muy buenos transportadores, se especializan en el procesado de

materiales no viscosos, los mismos que requieren de velocidades bajas y grandes tiempos de resistencia (Sanchez, 2003).

Estos extrusores tienen dos tornillos que se unen fuertemente como engranajes y rotan uno contra el otro. Por ende cada tornillo está dividido en una serie de cámaras separadas, las cuales se mueven hacia el dado mientras que el tornillo rota llevando el producto en ellas. En la figura 3, se muestra la rotación opuesta en un extrusor de tornillo doble (Zúñiga, 2005).

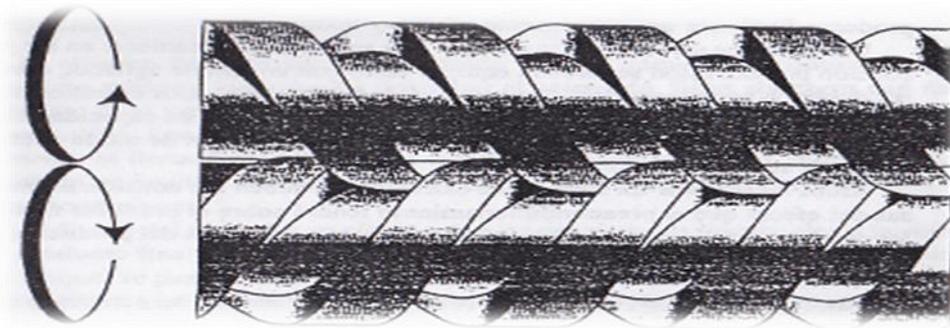


Figura 3. Tornillos inter-engranados en contra rotación.

(Riaz, 2004)

2.4.5.2. Extrusores de tornillo doble co - rotadores

Estos extrusores son las más comunes dentro de la industria alimentaria, han desempeñado un papel importante en la variedad de productos que se pueden fabricar a partir de la tecnología de la extrusión. Este tipo de extrusores se destacan por su eficiencia de bombeo, buen control sobre la distribución de tiempos de resistencia, mecanismo de autolimpieza, y uniformidad del proceso (Guy, 2002).

Estos extrusores tienen características tanto del extrusor de tornillo único, como del de doble tornillo en contra-rotación y opera de manera intermedia entre ambos, donde a pesar de que los tornillos se entrelazan no pueden crear cámaras separadas a lo largo del tornillo, tal como muestra la figura 4. Cuando

las aletas se entrelazan o traslapan, se encuentran en ángulos opuestos por lo que requieren un espacio adicional. En el punto de traslape el producto es raspado de la superficie de cada canal por la intersección de las aletas, con lo cual el producto se distribuye (Zúñiga, 2005).

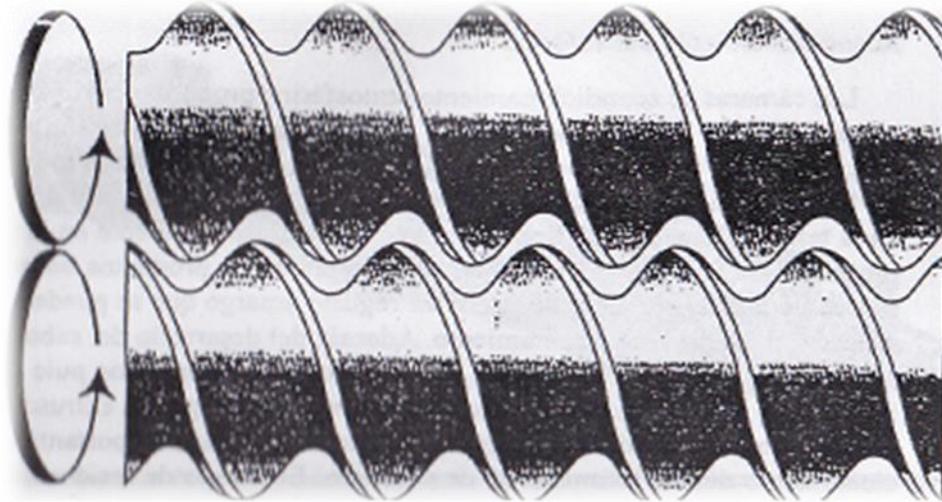


Figura 4. Tornillo inter-engranado en co-rotación

(Riaz, 2004)

2.5. MÉTODOS DE EXTRUSIÓN

El acondicionamiento de la harina dentro del proceso de extrusión se lo puede realizar antes de la extrusión por medio de vapor o sin vapor y según sea el caso tenemos dos métodos:

- a) Seco
- b) Húmedo

2.5.1. PROCESO DE EXTRUSIÓN EN SECO

Se basa en la producción de calor causada por la fricción bajo presión, cuando el producto es forzado por un tornillo sinfín a través de una serie de

restricciones, dentro de cámaras de compresión. Este proceso es muy corto y esto permite que los nutrientes no se dañen ni alteren. Este tipo de extrusión emplea niveles de humedad menores al 20% (Huber, 2000).

El calor y presión generada en el extrusor, permiten la destrucción de microorganismos como bacterias, mohos y levaduras. Este tipo de extrusión se la puede realizar en productos con alto contenido de aceite, ya que el propio aceite lubrica el paso por la matriz (Huber, 2000).

Además cuando la materia prima ingresa al extrusor ya sea cortada o molida permite que las células se rompan aumentando la disponibilidad de los nutrientes, con lo que el material queda cocido completamente, lo que permite aumentar la digestibilidad de los nutrientes y la palatabilidad (Zúñiga, 2005).

2.5.2. PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HÚMEDO

Es básicamente el mismo proceso, la diferencia está en que cuando el grano molido ingresa a la cámara de acondicionamiento donde la presión es baja, se inyecta vapor de agua y de ahí se pasa directamente al cilindro. Este tipo de extrusión se la emplea para elaborar pastas, algunas para pastelería y confitería (Riaz, 2004).

2.6. ZONAS DE PROCESADO DE LA EXTRUSIÓN

Las cámaras de extrusión en cualquier tipo de extrusor se pueden subdividir en zona de procesado, la misma que consta de la zona de alimentación, la zona de amasado y la zona de cocción. Tal como se muestra en la figura 5 (Guy, 2002).

2.6.1. ZONA DE ALIMENTACIÓN

Es el lugar donde la materia prima se introduce en el interior del cilindro. Aquí la materia prima generalmente pre-acondicionada es transportada al interior de la cámara. El canal de flujo del tornillo en esta zona generalmente se encuentra lleno de materia prima con baja densidad, debido a que el aire atrapado en la

materia prima que está ingresando y por la naturaleza granular. Conforme va ingresando la materia prima, se va transformando en una masa continua, donde es comprimida levemente y el aire es expulsado, quedando eliminados los espacios vacíos. En esta zona se produce la inyección de agua con el objetivo de alterar la textura y viscosidad, además de incrementar la transmisión conductiva del calor (Riaz, 2004).

2.6.2. ZONA DE AMASADO

La compresión que inició en la zona anterior continúa y los canales de flujo del extrusor consiguen un grado más alto de llenado a medida que su volumen y grado de inclinación del tornillo disminuye. Esto incrementa la relación de esfuerzo cortante y la energía mecánica suministrada al alimento, lo que provoca un aumento de la temperatura; a medida que el extruido se mueve a través de la zona de amasado, se comienza a formar una masa de pasta la cual fluye de manera homogénea, alcanzando su máxima compactación (CLEXTRAL, 2011).

2.6.3. ZONA DE COCCIÓN

Aquí se da la formación del tamaño amorfo y también la texturización. La temperatura y la presión en esta región aumentan rápidamente, donde las velocidades de deformación son más altas debido a la configuración del tornillo del extrusor. La presión, la temperatura, y la viscosidad resultante del fluido son tales que el extruido será expulsado desde el troquel para dar la textura, la densidad, el color, y las propiedades deseadas en el producto final. Esta zona es la más importante del extrusor, ya que su función es recibir el material, comprimirlo, homogeneizarlo y hacerlo pasar a través de la boquilla a presión constante para poder obtener el producto deseado (Riaz, 2004).

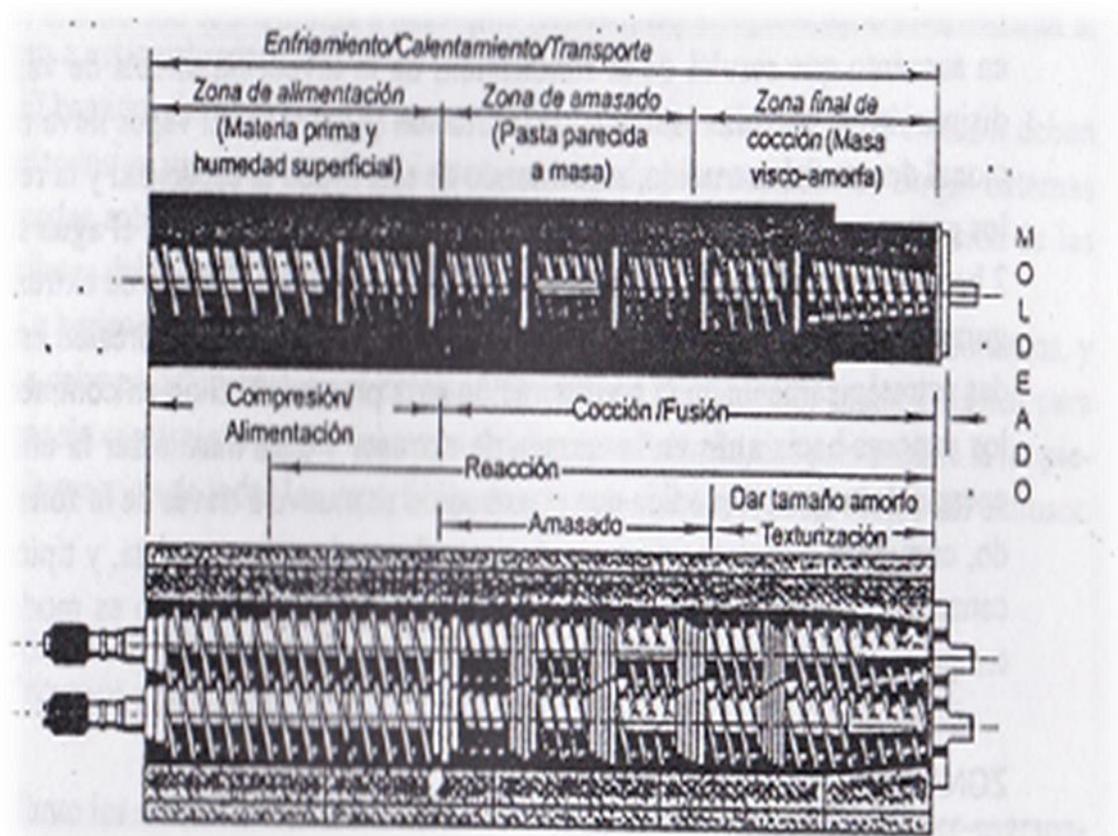


Figura 5. Zonas de procesamiento del extrusor

(Riaz, 2004)

2.7. VENTAJAS DE LA EXTRUSIÓN

El principal objetivo de la extrusión consiste en ampliar la gama de alimentos que componen la dieta a partir de ingredientes básicos. Alimentos de distinta forma, textura, color (Fellows, 1993). Al ser la extrusión un proceso muy versátil, ofrece varias ventajas en su aplicación, siendo la ventaja más significativa el hecho de ser continuo y uniforme, ya que una vez iniciado el ciclo productivo, este no tiene paradas, en donde los polvos se pueden pre-mezclar y alimentar continuamente dentro del extrusor, teniendo como resultado menos material involucrado en el proceso. De acuerdo con Riaz (2004) la extrusión brinda varias ventajas, entre las que se tiene:

- Minimiza la degradación de los nutrientes del alimento.
- Mejora la digestibilidad de las proteínas además de la apariencia y palatabilidad.
- La cocción por extrusión destruye compuestos anti-nutricionales.
- Necesidades de mano de obra son menores cuando se utiliza la cocción por extrusión frente a otros métodos.
- Los grandes extrusores requieren de menor atención durante el proceso de operación, debido a la facilidad de controlar todas las etapas en un solo panel, lo que facilita las operaciones y hace innecesaria tanta mano de obra.
- Permite producir diversidad de formas, texturas, colores y apariencias, que no son factibles utilizando otros métodos.
- Permite eficiencia energética ya que los extrusores operan con humedad relativamente baja, mientras el producto se encuentra en la zona de cocción, por lo que se necesita menos secado.

De acuerdo a Riaz (2004), Zúñiga (2005), CLEXTRAL (2011) y Guy (2002) los extrusores de doble tornillo inter-engranados son más costosos, entre un 50-150% más que los extrusores de un solo tornillo, pero brindan ciertas ventajas las mismas que permiten mayor eficiencia, entre las principales se encuentran:

- El desgaste de las partes más pequeñas del extrusor es menor que en el extrusor de un solo tornillo.
- Poseen acción positiva de bombeo y pulsación reducida en el troquel.
- La limpieza total es muy fácil por las características de auto-limpieza.
- Manejan materiales viscosos, aceitosos, pegajosos, o muy húmedos y otros productos que no pueden deslizarse en un extrusor de tornillo único.
- Su proceso es más factible aún con operarios sin experiencia.
- Poseen una alimentación no pulsante.

- Se puede utilizar una variedad de materias primas que van desde polvos muy finos a granos enteros, mientras que en extrusor de tornillo simple se limita a una gama específica de tamaño de partícula.
- Tienen una facilidad para producir un cambio de escala, es decir, para pasar de planta piloto a una planta a gran escala.

2.8. PRODUCTOS OBTENIDOS POR EXTRUSIÓN

La tecnología de la extrusión ha modificado sustancialmente el entorno del procesado de cereales para desayuno, listos para comer en las últimas tres décadas. Esta tecnología permite desarrollar productos, obteniendo una amplia gama de recetas, formas y texturas que se ajustan a las demandas de los consumidores a partir de distintas materias primas (Guy, 2002).

La extrusión de cereales permite obtener productos de consumo masivo tanto para humanos especialmente con productos para desayuno como para animales con productos balanceados. Esta tecnología brinda diferentes alternativas de productos, las mismas que pueden ser:

Cereales para desayuno, son productos pre-procesados a partir de cereales, los mismos que están listos para comer directamente del envase. Los primeros que se produjeron son los copos de maíz hace más de un siglo en los Estados Unidos. La popularidad de los cereales de desayuno proviene por su alto contenido nutritivo al proporcionar energía, vitaminas, minerales, fibra, etc. Este tipo de productos difieren en su diseño, tamaño de envasado y en las características del producto. De acuerdo con Guy (2002), las culturas de alimentos para desayuno, han contribuido a promover tres cereales listos para comer y estos son:

- a) Cereales en copos, que se los obtiene a partir de sémolas, harinas y salvados. Cereales inflados, a partir de granos enteros, harinas, sémolas y salvados. Mezclas de cereales (granola), a partir de granos triturados, frutos secos y deshidratados.

- b) Aperitivos, cubren una amplia gama de productos alimenticios, también conocidos como comidas ligeras. Este tipo de productos proceden de la cocción por extrusión, entre los productos más antiguos se tiene los granos inflados, galletas de gambas y el kerpok (Riaz, 2004).

- c) Alimentos infantiles, son productos basados en almidón, donde la principal característica de este tipo de alimentos es la capacidad para hidratarse rápidamente, ser gelatinizado completamente y cocinado por simple adición de agua caliente. Este tipo de alimentos tiene dos mercados que son los cereales para bebés, que son altamente solubles, que se moldean en formas y diseños específicos y no utilizan conservantes o colorantes. Y los alimentos infantiles, que son productos altamente solubles y completamente gelatinizados con varios edulcorantes naturales, añadidos a la mezcla para producir un producto completamente nutritivo y fortalecido utilizado como suplemento de alimento infantil (Guy, 2002).

2.9. PRODUCTOS EXPANDIDOS

Enríquez (2004) y Miller (1990) plantean que existe una amplia variedad de productos secos de cereales molidos que han sido utilizados en la producción de alimentos inflados y expandidos entre los que se encuentran: la avena, esta requiere de altas temperaturas y humedades para lograr ser expandida, debido a su alto contenido de grasa y bajo contenido de carbohidratos. La cebada, este cereal ha sido poco usado en la extrusión. El trigo, requiere altas temperaturas

y humedades para su expansión debido al alto contenido de proteína y gluten. El maíz, es el grano de cereal más comúnmente empleado para la extrusión debido a su bajo costo y su capacidad de expandirse. El arroz, es un grano de cereal bajo en proteínas y grasa, el color blanco y su excelente capacidad de expansión hacen que sea el producto de excelencia para cereales expandidos y botanas. El centeno, de sabor singular y color oscuro, se comporta como el trigo. El sorgo, tiene características similares a la del maíz. Los productos extruidos tienden a tener un color canela y un sabor particular.

Influencia de algunos componentes presentes en los cereales que intervienen en la expansión.

Composición del almidón: El almidón se presenta como amilosa (un polímero lineal más soluble) y amilopectina (ramificada). La amilopectina promueve el inflado y la amilosa ofrece una textura quebradiza. El almidón es insoluble en agua fría. Cuando se calienta con agua, la absorbe, se hincha y revienta; este fenómeno se llama gelatinización (Domínguez, 2000). Para tener un producto inflado y quebradizo, es conveniente tener de 5 a 20 % de amilosa. Se pueden también agregar almidones modificados, a fin de dar mayor resistencia y dureza a la superficie del producto. Las cantidades relativas de amilosa y amilopectina también influyen sobre la dirección de la expansión. La amilosa ocasiona una mayor expansión lineal, en tanto que la amilopectina lo hace más en forma radial (Enríquez, 2004; Miller, 1990).

El nivel óptimo de humedad para la cocción (gelatinización) del almidón es aproximadamente 27 % y lleva a la obtención de un producto seco con máxima absorción de agua. Aunque algunos cereales se pueden extrudir a niveles de humedad de tan solo 8 a 10 %, el almidón resultante se dextriniza (se reduce a longitudes más cortas de polímeros de glucosa) mediante la fricción mecánica, en vez de la gelatinización. La dextrinización se caracteriza por un aumento en

la solubilidad al agua fría y por obtención de un producto pegajoso cuando se humidifica. La dextrinización es recomendable cuando se elaboran productos alimenticios de consistencia rígida y quebradiza; sin embargo la gelatinización es preferible cuando se desea la absorción y retención de humedad, con un mínimo de pegajosidad (Gutkoski, 1999).

Proteínas: las proteínas, así como el gluten, crean elasticidad limitando así la expansión. Otras, como la caseína, pueden mejorar la expansión al ofrecer un mejor reposo en su máximo punto de inflado. El efecto de la proteína de soya depende de su tratamiento térmico anterior. Cuando pasa por una desnaturalización previa, es inerte, contribuyendo muy poco a la estructura, excepto como un particulado que afecte la porosidad o la formación de núcleos. Cuando recibe menor tratamiento térmico, la proteína se desnaturaliza durante la extrusión, reposando la estructura extrudida (generalmente fibrosa) (Gutkoski, 1999; Miller, 1990).

Grasas: cuando la grasa está libre (sin que funcione como complejo con otros ingredientes), actúa como lubricante, reduciendo así la conversión mecánica de energía en el extrusor, así como su expansión. Es por esta razón, que es importante controlar el nivel de grasas, en algunos casos, una pequeña variación de grasa puede afectar drásticamente el producto. La grasa también puede debilitar la estructura celular, causando fusión y porosidad (Gutkoski, 1999; Harper, 1990; Enríquez, 2004).

Azúcares: los azúcares, por lo general, se licúan y actúan como lubricantes, reduciendo la conversión mecánica de energía. Lo anterior en combinación con una menor actividad del agua en el troquel, disminuye la expansión. Los productos con altos contenidos de azúcar requieren de mayor tiempo de residencia para cocinarse. Cuando los niveles son altos, la reducción de la actividad del agua en el sinfín puede ocasionar un incremento en la viscosidad.

El azúcar, generalmente, coadyuva a crear una estructura celular más suave y más fina (Enríquez, 2004; Miller, 1990).

2.9.1. FACTORES IMPORTANTES EN LA EXPANSIÓN DIRECTA POR EXTRUSIÓN

Medio de expansión: Para inflar el producto, se requiere de algún tipo de vapor. Normalmente el vapor es generado dentro del producto debido al calor (ya que el alimento necesita humedad), sin embargo, también puede lograrse lo anterior con otros gases. Los agentes de fermentación que se emplean conjuntamente con la expansión de vapor, en algunos casos han mejorado satisfactoriamente los índices de expansión.

Cambio controlado de presión: para que exista una buena expansión es imprescindible que el troquel tenga orificios pequeños. Estos conservan una alta presión por la parte posterior del troquel a fin de evitar una generación prematura de vapor y liberan la presión rápidamente para que se alcance una mejor expansión. Los niveles de presión, también dependen de la viscosidad, la cual por lo general es alta cuando se trata de expansión directa (poca humedad).

Temperatura: para la expansión de vapor, la temperatura deberá elevarse lo suficiente para generar el vapor necesario al liberar la presión. La temperatura y la humedad quizás sean las variables más importantes para controlar la expansión. La temperatura altera la viscosidad, la cual disminuye conforme aumenta la temperatura. La uniformidad de esta en el extrusor, también afecta la textura. Conforme el producto va pasando por el troquel, se va generando calor en sus superficies mediante disipación viscosa (fricción). Esto puede ocasionar un exceso de expansión en la superficie del producto resultando en

una textura rugosa con células abiertas en la superficie (Acosta, 1990; Hsieh & Li, 1996).

2.10. ARROZ

Existen dos tipos de arroz cultivado; la especie *Oryza sativa* L. (Asiática) y la *Oryza glaberrima* L. (África occidental). Así también el arroz se separa por variedad: Indica, Japónica y Javánica (FAO, 2004). El arroz se utiliza como alimento desde la antigüedad, más de la mitad de la población del mundo consume arroz como componente principal de la dieta. Es el segundo cereal más producido en el mundo, tras el maíz. Debido a que se produce con muchos otros propósitos aparte del consumo humano, se puede decir que es el arroz, el cereal más importante en la alimentación humana y que contribuye de forma muy efectiva al aporte calórico de la dieta humana actual (FAO, 2004).

2.10.1. CARACTERÍSTICAS

Las propiedades físicas del grano de arroz como longitud, anchura, transparencia, grado de elaboración, color y envejecimiento del arroz elaborado son indicadores de la calidad del grano. El color de la cariósida está determinado por cinco genes, y puede ser blanco, que es el más frecuente, también rojo o casi negro. El contenido de amilosa del almidón del arroz, es el principal factor para su aceptabilidad. Guarda relación directa con la expansión del volumen, la absorción de agua durante la cocción, con la dureza o consistencia, además de la blancura y opacidad del arroz cocido (Juliano, 1994).

2.10.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El grano de arroz, se compone de una cubierta protectora exterior, la cáscara y la cariósida o fruto del arroz (arroz integral o pardo, llamado también arroz

descascarillado). Entre las fracciones del grano de arroz, el salvado posee el máximo contenido energético y proteico, mientras que la cáscara el mínimo. El arroz, no solo es una rica fuente de energía sino también constituye una buena fuente de tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2) y niacina (vitamina B3). El perfil de aminoácidos del arroz indica que presenta altos contenidos de ácido glutámico y aspártico, en tanto que la lisina es el aminoácido limitante (Torres & Pérez, 2006).

El arroz, también se divide en arroces glutinosos y los no glutinosos, los primeros tienen cerca de un 83% amilopectina y de un 17% amilosa y los segundos tienen aproximadamente un 27% de amilosa y alrededor de un 73% de amilopectina. El tamaño del grano de arroz como producto final depende de la variedad utilizada (Arcos, Pinto & Rodríguez, 2006).

En relación a los minerales, el mayor contenido lo constituye el fósforo del cual la mayor parte queda retenida en el salvado, quedando una pequeña parte en el arroz elaborado, tal como se muestra en la tabla 1. La mayor cantidad de calcio se queda en la cáscara del arroz y el arroz elaborado es el que menor cantidad posee (FAO. 2004).

La harina de arroz puede hacerse bien de arroz o de arrocillo, blanco o integral. Para hacer la harina, se quita la cascarilla obteniendo de esta manera el arroz crudo, que se muele para obtener arroz en polvo o harina de arroz.

Tabla 1. Composición nutricional promedio del arroz

Nutrientes	Aporte de dos porciones de arroz integral (100 g)	Recomendaciones diarias promedio	Cumplimiento de las recomendaciones (%)
Energía (Kcal)	362	2400	15,1
Proteína (g)	7,5	72	10,4
Grasa (g)	2,7	53	5,1
Carbohidratos (g)	76,2	408	18,7
Fibra dietética (g)	3,4	30	11,3
Calcio (mg)	33	800	4,1
Fósforo (mg)	264	800	33
Potasio (mg)	268	1800	14,9
Hierro (mg)	5,6	14	40
Magnesio (mg)	143	300	47,7
Zinc (mg)	2,02	12	16,8
Manganeso (mg)	3,74	3	124,6
Vitamina B1 (mg)	0,45	1,2	37,5
Vitamina B2 (mg)	0,09	1,4	6,4
Niacina (mg)	4,31	17	25,4
Vitamina B6 (mg)	0,51	2	25,5
Vitamina E (mg)	0,66	8	8,3

(Juliano, 1994)

2.10.3. CULTIVO DE ARROZ EN EL ECUADOR

Existe un pico notable en la producción del año 2004, atribuida en parte a factores externos como la proclamación del año internacional del arroz en dicho año y las expectativas a escala global de crecimiento para el 2005 en la región Sudamericana prevista por la FAO (FAO, 2004).

El siguiente mapa que se muestra en la figura 6 indica la distribución y densidad del cultivo de arroz en el Ecuador. Se puede ver que la Región Costa presenta la mayor concentración de superficie sembrada con el 98.71%, seguida por la Región Sierra que alcanza el 1.07% y la Región Oriental que tiene tan solo el 0.21% del total nacional.

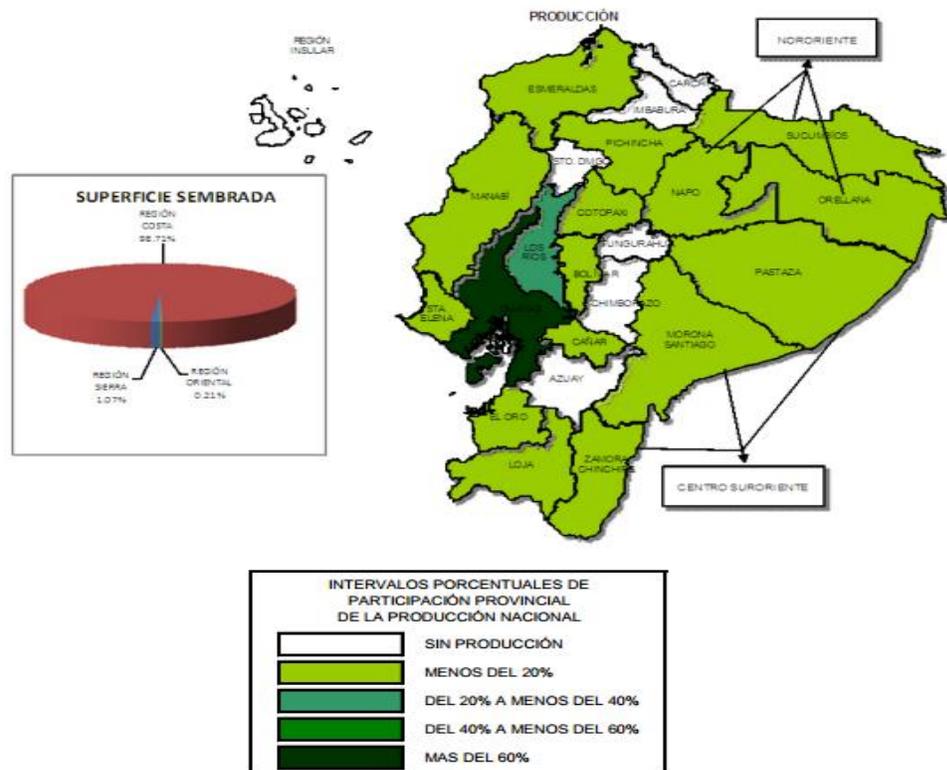


Figura 6. Zonificación del cultivo de arroz en el Ecuador.

(INEC, 2008)

2.11. SOYA

La soya, cuyo nombre científico es *Glycine max*, se cultiva mediante semillas que contienen aceite y proteínas. Los granos de soya son considerados muy versátiles, ya que pueden ser consumidas como semillas de soya, brotes de soya, y así mismo pueden ser procesados para obtener derivados como leche

de soya, tofu, salsa de soya y harina. Además, la soya puede ser insumo de productos no comestibles, tales como cera para velas y biodiesel (INEC, 2010).

2.11.1. CARACTERÍSTICAS

La soya como vegetal tiene las propiedades de ser de fácil cocción, mejor textura, mayor tamaño, mayor contenido de proteínas y poco aceite, este tipo de soya es el más demandado como insumo para la producción de queso y leche de soya (INEC, 2010).

Por otra parte, la soya como oleaginosa tiene un alto contenido de aceite de aproximadamente el 20%, su cantidad de proteínas bordea del 38 al 45%, y su uso apunta a la producción de biocombustibles. La producción de soya predomina en América con un promedio anual de 172'885.867 TM en la última década, lo cual representa el 85% del total mundial. Es necesario mencionar que en cuanto a la superficie cosechada de soya, América también es el continente que sobresale ya que ocupa el 75% del área total destinada a este cultivo (INEC, 2010).

2.11.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El valor nutricional de los alimentos y sus productos derivados está dado por la cantidad y calidad de sus nutrientes, que son sustancias digeribles y asimilables por el organismo. Dentro de ellos, los nutrientes esenciales son aquellos que el organismo no sintetiza y, por lo tanto, tienen que ser aportados por los alimentos. Un anti-nutriente es un compuesto que disminuye el aprovechamiento de los nutrientes, fundamentalmente de los esenciales (Martínez, Muñoz & Ridner, 2006). Como se muestra en la tabla 2, la soja es una importante fuente de proteínas y aceite, por lo tanto, un alimento con alto valor nutricional.

Por lo general, las proteínas provenientes de los alimentos de origen vegetal tienen un bajo contenido de aminoácidos sulfurados (metionina y cisteína). La

soya, en cambio, contiene estos aminoácidos en cantidad suficiente para satisfacer los requerimientos del adulto normal. A inicios de la década de los 90, The food and drug administration (FDA), así como la Food and Agriculture Organization (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecieron como método oficial de evaluación el Score de Aminoácidos Corregido por Digestibilidad Proteica (PDCAAS).

Tabla 2. Composición nutricional de la soya.

	%
Proteínas	36.5
Lípidos	16
Hidratos de Carbono	25
Fibra alimentaria	9
Agua	8.5
Cenizas	5

(Martínez, Muñoz & Ridner, 2006)

El método hace referencia al Score (Puntuación) de aminoácidos, corregido por la digestibilidad, de manera tal de obtener un valor y conocer la calidad de la proteína en estudio (Martínez, Muñoz & Ridner, 2006).

La proteína de soja y la mayoría de sus productos, tiene un perfil de aminoácidos y digestibilidad adecuados, o sea, un PDCAAS que es igual a 1, que es la calificación más elevada. Este valor significa que, cuando se consume como única fuente de proteínas, es capaz de satisfacer las necesidades recomendadas para niños mayores de 2 años y adultos. La digestibilidad de la proteína de soya de porotos enteros es ligeramente menor a la obtenida de productos procesados (Martínez, Muñoz & Ridner, 2006).

Como consecuencia de esta evaluación, la OMS estableció que la proteína de soya contiene todos los aminoácidos esenciales y en cantidades suficientes para alcanzar los requerimientos de ingesta de proteínas acordes a las necesidades de edad y situación biológica. La tabla 3, indica la cantidad de cada aminoácido que se encuentra en la soya:

Tabla 3. Comparación con la proteína de referencia IOM/FNB 2002 (mg / g de proteína)

Aminoácidos Esenciales	Proteína Patrón	Soya	Proteína de Soya Aislada	Proteína de Soya Concentrada	Leche de Soya
mg/g proteína					
Histidina	18	27	29	25	26
Isoleucina	25	48	53	46	52
Leucina	55	67	66	62	88
Lisina	51	81	84	77	65
Metionina	25	30	27	27	32
Fenilalamina	47	65	97	88	96
Treonina	27	43	39	39	41
Triptófano	7	15	14	13	16
Valina	32	50	51	48	51
TOTAL DE PROTEÍNAS		36,5	80,7	63,6	2,75

(Martínez, Muñoz & Ridner, 2006)

Para los casos evaluados, según la Sociedad Argentina de Nutrición, (semilla de soya, aislado de proteína de soya, concentrado de proteína de soya y leche de soya) la concentración de aminoácidos de los alimentos en estudio supera la concentración de los aminoácidos requeridos y establecidos en la proteína patrón por IOM/FNB 2002 (Institute of Medicine, Food and Nutrition Board). Con lo que se concluye que los alimentos a partir de la soya presentan un excelente perfil de aminoácidos. Estos datos confirman la buena digestibilidad de la proteína de la soya, siempre que esté correctamente procesada. Tan importante

ha sido este reconocimiento, que el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), ha permitido que la proteína de soya reemplace en su totalidad a la proteína animal en el Programa de Almuerzo Escolar (Martínez, Muñoz & Ridner, 2006).

Una de las materias primas utilizadas para la elaboración de arroz crocante es el concentrado de proteína de soya que contiene generalmente de 40 a 60% de proteína. Se obtiene eliminando parte de los carbohidratos (azúcares) de las semillas descascarilladas y desengrasadas. La proteína de soya concentrada contiene la mayoría de la fibra presente originalmente en las semillas de soya. Se la utiliza ampliamente como ingrediente funcional o nutricional en una amplia variedad de productos alimenticios, principalmente en comidas precocinadas, cereales de desayuno y en algunos productos cárnicos (FEDNA, 2012).

2.11.3. CULTIVO DE SOYA EN EL ECUADOR

El cultivo de soya en el Ecuador ha incrementado en forma importante. En especial el cultivo de soya destinado a la industrialización para la extracción de aceite, de donde se obtiene el abastecimiento de tortas y harinas de soya para el consumo animal. La producción de tortas y harina de soya ha sido absorbida, especialmente por las fábricas de alimentos balanceados para aves. En el año 1975 se cultivaron 8200 hectáreas de soya, y en 1978 el área de cultivo alcanzó a 16 900 hectáreas (INEC, 2010).

La producción de soya, se encuentra en las provincias de Los Ríos y Guayas, estas dos provincias reúnen condiciones favorables para este cultivo, que se realiza en grandes extensiones y en forma mecanizada. La producción de soya abastece a las nueve plantas agroindustriales existentes en el país, de las cuales se hallan localizadas seis en Guayaquil, dos en Manta y una en Quito (MAGAP, 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se muestra los análisis y metodologías aplicadas a las materias primas principales que son harina de arroz, obtenida directamente a partir de la molienda del arroz en la fábrica de alimentos fortificados FORTESAN y del concentrado de soya, la misma que es adquirida en Industria Vepinsa. Además se analizó la humedad en la sal y el azúcar.

Las materias primas analizadas, son las empleadas para la elaboración de arroz crocante, la finalidad fue tener claro las características de la materia prima, para que a partir de los resultados obtenidos, fijar parámetros para la recepción de la misma. De esta manera evitar que la calidad de la materia prima disminuya en lo que respecta a las características físico químicas y microbiológicas.

Para la caracterización de la materia prima, cada uno de los análisis se los realizó por triplicado a partir del muestreo de tres lotes indistintamente.

3.1.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Para la determinación de la humedad se tomó como referencia el método AOAC 925.09, (A.O.A.C, 1996a). Según como se muestra en el Anexo 1.

3.1.2. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Para la determinación de proteína se tomó como referencia el método AOAC 955.04, (A.O.A.C, 1996b). Según como se muestra en el Anexo 2.

3.1.3. DETERMINACIÓN DE PERÓXIDOS

Para la determinación del índice de peróxidos se tomó como referencia la NTE INEN 0037:73 (INEN, 2008). Según como se muestra en el Anexo 3.

3.1.4. DETERMINACIÓN DE GRASA

Para la determinación de grasa se envió a Multianalítica Cia.Ltda. (Laboratorio de análisis y aseguramiento de la calidad) quienes tomaron como referencia el método AOAC 2003.06 (AOAC, 2003). Según como se muestra en el Anexo 4.

3.1.5. DETERMINACIÓN DE CENIZA

Para la determinación de ceniza se tomó como referencia el método AOAC 923.03. (AOAC, 1990). Según como se muestra en el Anexo 5.

3.1.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se lo realizó aplicando dos técnicas las mismas que fueron: Siembra de coliformes totales por el método del número más probable (NMP) y siembra en placas petrifilm para evaluar presencia de aerobios y de mohos-levaduras. Según como se muestra en el Anexo 6.

3.2. ANÁLISIS PRELIMINAR

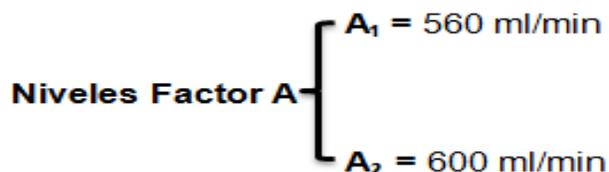
Se lo realizó analizando el proceso de elaboración de arroz crocante y el producto terminado. Para lo que se evaluó la producción diaria de cada mes y así se obtuvo la producción promedio mensual durante seis meses. Con lo que se determinó los principales inconvenientes por mejorar.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para desarrollar el diseño experimental, se utilizó un diseño A x B. Se buscó determinar la mejor combinación entre las variables, para que el proceso tenga un mejor desempeño y dé como resultado un producto acorde a las características que se necesita.

Para analizar los efectos de las variables de extrusión, sobre las características fisicoquímicas, tecnológicas y sensoriales del producto, se tomó como variables independientes (o factores) al flujo de agua (560 ml/min; 600 ml/min) y la temperatura de secado (T: 100 - 110°C), los mismos que constan de dos niveles cada uno como se observa en la figura 7. El diseño A x B se lo realizó por duplicado, es decir se muestreo en dos corridas diferentes. Además a cada tratamiento se lo muestreó por triplicado en distintos lotes y por cada uno tres réplicas.

FACTOR A: FLUJO DE AGUA



FACTOR B: TEMPERATURA DE SECADO

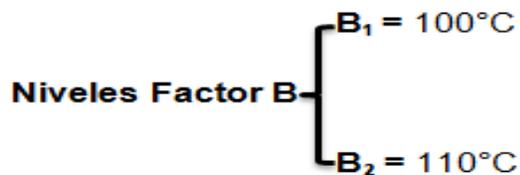


Figura 7. Factores y niveles.

Las variables dependientes del producto final arroz crocante fueron: humedad, densidad, índice de expansión, intensidad de crocancia, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua.

3.4. ANÁLISIS DE PRODUCTO FINAL ARROZ CROCANTE

Luego de obtener las distintas muestras, conseguidas después de aplicar cada uno de los tratamientos dentro del diseño experimental. Se analizó a cada una de ellas la humedad, la densidad, el índice de expansión, la crocancia, el índice de absorción de agua y el índice de solubilidad en agua. La finalidad fue analizar cuál de las muestras de arroz crocante se ajusta más a las características que se requieren según los requerimientos de la empresa.

3.4.1. HUMEDAD

La humedad en el producto final arroz crocante se la analizó en una termo-balanza para determinación de humedad marca LEXUS, modelo DEXTER 3 la cual facilitó el proceso ya que se pudo obtener resultados en aproximadamente 5 minutos, los mismos que tienen una exactitud de medición del 95%.

3.4.2. DENSIDAD

Para la determinación de densidad del producto final arroz crocante se utilizó un recipiente de 1.73 L de capacidad, al mismo que se lo llenó con el producto final que se lo recogió a la salida del secador y se tomó el peso en una balanza de precisión marca LEXUS modelo MIX - M1500. Una vez que se obtuvo los datos se aplicó la fórmula para calcular densidad y se consiguió el resultado. Según como se muestra en el Anexo 7.

3.4.3. ÍNDICE DE EXPANSIÓN

Para la determinación del índice de expansión se aplicó la fórmula del manual CLEXTRAL, con la aplicación de esta fórmula se pudo evaluar cuanto más se expandió (infló) el grano extruido de arroz crocante una vez que sale del secador.

En todos los casos se midió el diámetro (mm) del producto extruido con un calibrador marca NEIKO, modelo JUBBU de procedencia USA, en dirección longitudinal y radial. Según como se muestra en el Anexo 8.

3.4.4. INTENSIDAD DE CROCANCIA

Para la determinación de crocancia se utilizó el método por ordenamiento, es un método de análisis sensorial, que permitió saber cuál de los tratamientos es el que tuvo mayor intensidad de crocancia (Morten, Carr & Vance, 2006). Según como se muestra en el Anexo 9. Esta técnica permitió evaluar la intensidad de crocancia, la misma que fue aplicada a un panel entrenado que estuvo conformado de 22 personas, las mismas que ordenaron las distintas muestras en función a la crocancia, es decir de la más crocante ala menos crocante mediante un formato entregado como se observa en el Anexo 10.

Una vez que se obtuvo las sumatorias de los ordenamientos por cada tratamiento, se evaluó estadísticamente con la ayuda del test de Friedman y se determinó si las sumas de los ordenamientos totales para cada muestra difieren significativamente, con un nivel de significancia del 95 %

Para determinar que muestras difieren significativamente, se realizó un ensayo de múltiple comparación, para lo que se calculó las diferencias de todos los pares de las sumatorias de las muestras, a las que se las comparó con el LSD del ensayo. Con lo que se obtuvo las muestras que tienen diferencias significativas.

3.4.5. ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA

Se utilizó la técnica descrita por Anderson, (1969). Según como se muestra en el Anexo 11.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Este trabajo de investigación se lo realizó como un diseño experimental A x B. Los resultados obtenidos en este diseño se los analizó mediante una tabla ANOVA y utilizando el programa STATGRAPHICS 16 Centurion se realizó un test estadístico para determinar diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento con una significancia de 0.05. En todos los casos, se aplicó el test de Tuckey.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Los resultados de la caracterización proximal se presentan a continuación en la tabla 4.

Tabla 4. Composición Proximal

	Harina de Arroz	Concentrado de Soya	Sal	Azúcar
Humedad	10.28 ± 0.04	8.97 ± 0.07	4.14 ± 0.75	0.11 ± 0.04
Ceniza	3.80 ± 0.25	4.50 ± 0.19	-----	-----
Proteína	8.47 ± 1.11	41.06 ± 4.59	-----	-----
Grasa	1.43 ± 0.08	3.91 ± 0.14	-----	-----
Carbohidratos	76.02	41.57	-----	-----

Valores de composición centesimal expresados en %.

4.1.1. HUMEDAD

La tabla 4, indica el contenido de humedad en cada una de las materias primas que se emplean para la elaboración de arroz crocante. Como se observa el contenido de agua en cada una de las materias primas es bajo, teniendo como valor más alto el de la harina de arroz que se encuentra en 10.28% ± 0.035, sin embargo, dicha humedad se encuentra dentro del límite establecido por la norma del CODEX para el arroz CODEX STAN 198-1995 que es ≤ 15%. De la misma manera la humedad de la soja está dentro del límite establecido por el CODEX para productos proteínicos de soja CODEX STAN 175-1989 que es ≤10%. Lo que indica que tanto la harina de arroz como el concentrado de soya

están dentro de los límites establecidos, por lo que son productos aptos para ser procesados.

El análisis también se aplicó para la sal y el azúcar, con la finalidad de observar si existe o no humedad en dichas materias primas, donde sobresalió la humedad de la sal. Sin embargo ninguna de las materias primas representa una fuente de variabilidad que pueda incidir en las características del producto final arroz crocante.

4.1.2. PROTEINA

La tabla 4, indica la cantidad de proteína que contiene la harina de arroz y el concentrado de soya, donde el concentrado de soya es el que mayor cantidad de proteína posee. Sin embargo, a pesar de que el concentrado de soya que se utiliza en la fábrica tiene 41.06 ± 4.59 % de proteína, este porcentaje es menor en relación a lo establecido en el CODEX para productos proteínicos de soya CODEX STAN 175-1989 que determina que el porcentaje de proteína en concentrados de soya debe ser entre 50 y 65 %. Esto se debe a que la fábrica de alimentos fortificados FORTESAN no requiere de un concentrado con mayor cantidad de proteína, por lo que el proveedor le entrega el concentrado a esas condiciones.

La utilización del concentrado de soya en la formulación de arroz crocante se la hace ya que permite alcanzar una mayor cantidad de proteína, además de que aumenta su valor nutricional en el producto final, de esta manera se cumple con el nivel de proteína requerido en el arroz crocante que es del 13%, lo que no ocurriría si se hiciera el arroz crocante únicamente con la harina de arroz.

A pesar de que las leguminosas son una fuente alimenticia abundante y económica, sus proteínas también carecen de ciertos aminoácidos

indispensables, pero aquellos aminoácidos en que son deficientes se encuentran abundantemente en los cereales y viceversa. Por esto se dice que las proteínas de los cereales y las leguminosas se complementan, por lo que se recomienda comerlas juntas en un mismo plato o producto (De Luna, 2007).

Por lo que, al ser el concentrado de soya un alimento que tiene un perfil de aminoácidos y digestibilidad adecuados (Martínez, Muñoz & Ridner, 2006) y la harina de arroz tener la lisina como el aminoácido limitante (Torres & Pérez, 2006), su utilización en conjunto permite que los aminoácidos se complementen en cantidad suficiente para satisfacer los requerimientos del ser humano, aumentando así el valor nutricional del producto final realizado que es el arroz crocante (Chang & El-Dash, 2003).

4.1.3. PERÓXIDOS

Las sustancias que oxidan al yoduro de potasio son los peróxidos u otros productos similares provenientes de la oxidación de las grasas. La cantidad de peróxidos que se encontró en la muestra de aceite fue de $1,99 \pm 0,994$, esta cantidad de peróxidos que se obtuvo es aceptable, ya que se encuentra dentro de los límites establecidos según el CODEX STAN 19-1981 para grasas y aceites comestibles que es ≤ 10 miliequivalentes de oxígeno activo /kg de aceite.

4.1.4. GRASA

La tabla 4, indica la cantidad de grasa que contiene la harina de arroz y el concentrado de soya, como se puede observar en el Anexo 12 y 13, según el informe de resultados otorgados por Multianálityca. Con lo que se determinó que el contenido de grasa en el concentrado de soya es más alto que en la

harina de arroz. Esto se debe a la composición de esta leguminosa ya que a partir de esta también se obtiene aceite.

4.1.5. CENIZA

La tabla 4, indica la cantidad de ceniza (contenido mineral) que contiene la harina de arroz y el concentrado de soya, con lo que se determinó según los análisis realizados, que el contenido mineral en el concentrado de soya es más alto en comparación a la harina de arroz. El contenido mineral tanto en la harina de arroz como en el concentrado de soya no es muy alto, sin embargo está conformado de calcio, fósforo y hierro principalmente (De Luna, 2007).

Además, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos en el CODEX STAN 175-1989 para productos proteínicos de soya y en el CODEX STAN 198-1995 para el arroz los mismos que deben ser $\leq 8\%$.

4.1.6. CARBOHIDRATOS

La tabla 4, indica la cantidad de carbohidratos que contiene la harina de arroz y el concentrado de soya. Con lo que se determinó que el contenido de carbohidratos en la harina de arroz es más alto en comparación con el concentrado de soya, debido a que es un cereal y los cereales son alimentos que se producen abundantemente y cuya disponibilidad es mayor a nivel mundial por la cantidad de energía que aportan y porque son de precio accesible (Arcos et al., 2006).

4.1.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

La tabla 5, indica la cantidad de UFC/g encontradas en cada una de las materias primas analizadas, donde se observó que la muestra con mayor contaminación fue la harina de arroz, sin embargo está dentro de los límites establecidos dentro de la tabla para la técnica de número más probable (NMP) establecida en alimentos FORTESAN en el año 2008.

Al ser la extrusión un proceso que emplea altas temperaturas, garantiza la eliminación de cualquier tipo de microorganismo que pueda proliferar. Es esta la razón por la cual el producto final arroz crocante no presenta inconvenientes de contaminación.

Tabla 5. Contenido de UFC / g en materia prima

MATERIA PRIMA	Coliformes Totales	Aerobios Totales	Mohos - Levaduras
	UFC / g	UFC / g	UFC / g
<i>Harina de Arroz</i>	1100	5.48	< 10
<i>Concentrado de Soya</i>	7	4.08	< 10
<i>Sal</i>	-	<10	< 10
<i>Azúcar</i>	15	2.176	< 10
<i>Fosfatos</i>	<3	<10	1 x 10
<i>Aceite</i>	-	1.477	< 10

4.2. ANÁLISIS PRELIMINAR

El proceso de elaboración de arroz crocante que se emplea en la empresa de alimentos fortificados FORTESAN, se muestra en la figura 8.

Este proceso inicia con la clasificación de la materia prima, la misma que se porcionó en las cantidades que se requieren para cada batch de producción. La tabla 6, indica la composición de cada batch de producción que es de 100Kg.

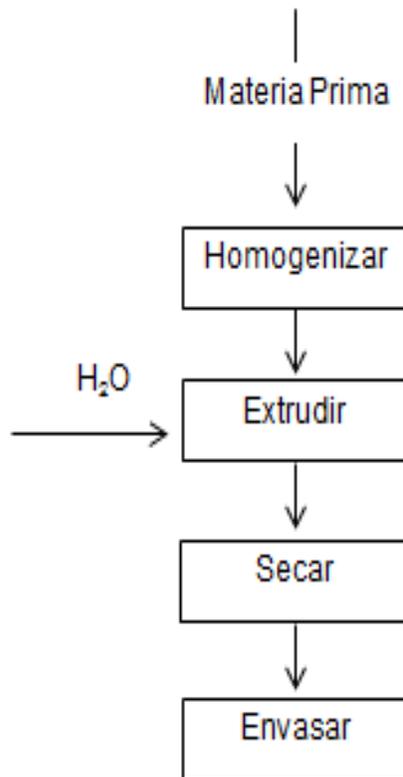


Figura 8. Diagrama de flujo para la elaboración de arroz crocante

Tabla 6. Composición de un batch de arroz crocante

Materia Prima	Cantidad (Kg)	%
Harina de Arroz	78,7	78,7
Concentrado de Soya	14	14
Azúcar	4	4
Sal	0,8	0,8
Fosfato Tricálcico	1,5	1,5
Aceite	1	1
Total	100	100

(FORTESAN, 2011)

El proceso de homogenización se da por una duración de 5 minutos, quedando una mezcla uniforme sin grumos y lista para pasar al extrusor que mediante una válvula rotativa va liberando la mezcla hacia el extrusor, donde se tuvo una caída constante de agua de aproximadamente 600 ml/min que se mezcló con el premix, e ingresó al extrusor.

El proceso de extrusión se lo llevó acabo en un extrusor marca CLEXTRAL, modelo DRX-300 cuyo país de origen es Brasil. Este extrusor tiene 4 etapas y en cada una de ellas existe una temperatura diferente; iniciando en los 40°C (zona de alimentación), de ahí pasa a los 69°C (zona de compresión), luego a los 138°C (zona de amasado) y finalmente en los 141°C (zona de cocción); que es cuando sale ya el producto expandido húmedo, y debe ser transportado hacia el secador, por medio de un blower (generador de aire). El arroz crocante húmedo fue expulsado mediante una tubería hacia el sacador que se encontraba entre 105 - 118°C. Todo el proceso para la elaboración del arroz crocante toma un tiempo de aproximadamente 30 minutos por cada batch de 100kg, donde el arroz permanece en el secador haciendo un recorrido mediante una banda por aproximadamente 10 minutos, con lo que sale ya seco con una humedad entre 3 – 6.5% y una densidad entre 0.155 – 0.250 g/L.

Con el análisis del proceso de elaboración del arroz crocante se identificó los inconvenientes, los mismos que una vez controlados permitirán cumplir con los parámetros del arroz crocante que barra de cereal necesita para la elaboración de las mismas que son una humedad entre 4 – 5%, una densidad entre 0.190 – 0.200 g/L y una buena intensidad de crocancia. Esto permitirá tener un peso uniforme de la barra, dónde el uso de jarabe en la misma se regularía. Ya que al existir variaciones de humedad, densidad y textura del arroz crocante, el consumo de jarabe también se altera.

El proceso productivo tanto en el extrusor como en el secador está controlado a través de un panel que muestra las condiciones de operación a excepción de uno, que es el flujo de agua que ingresa al extrusor. A este se lo determina empíricamente ya que no existe un instrumento de medida (flujómetro) que permita determinar una cantidad exacta y constante de agua que ingrese al extrusor y la única herramienta que se tiene es una llave de paso con la cual se regula el flujo de agua figura 9. El responsable de turno es quién determina la cantidad de agua que debe ingresar al extrusor, por medio de la llave como se observa en la figura 10. El volumen de agua que ingresa al extrusor oscila entre 450 – 600 ml/min. Por esta razón, para tener una cantidad exacta del flujo de agua hacia el extrusor se colocó un flujómetro marca WALCHEM de origen Americano, como muestra la figura 11, este instrumento de medida permitió controlar el paso del agua y evitó que este sea determinado empíricamente con lo que se pudo controlar de mejor manera el proceso productivo.

Las tablas 7 y 8, indican la variación de humedad, densidad y diámetro, que se tiene en el arroz crocante, mediante una estadística por cada turno, las que permitieron tener una gráfica que se muestra en la figura 12 y 13.



Figura 9. Llave de paso de agua, al extrusor.

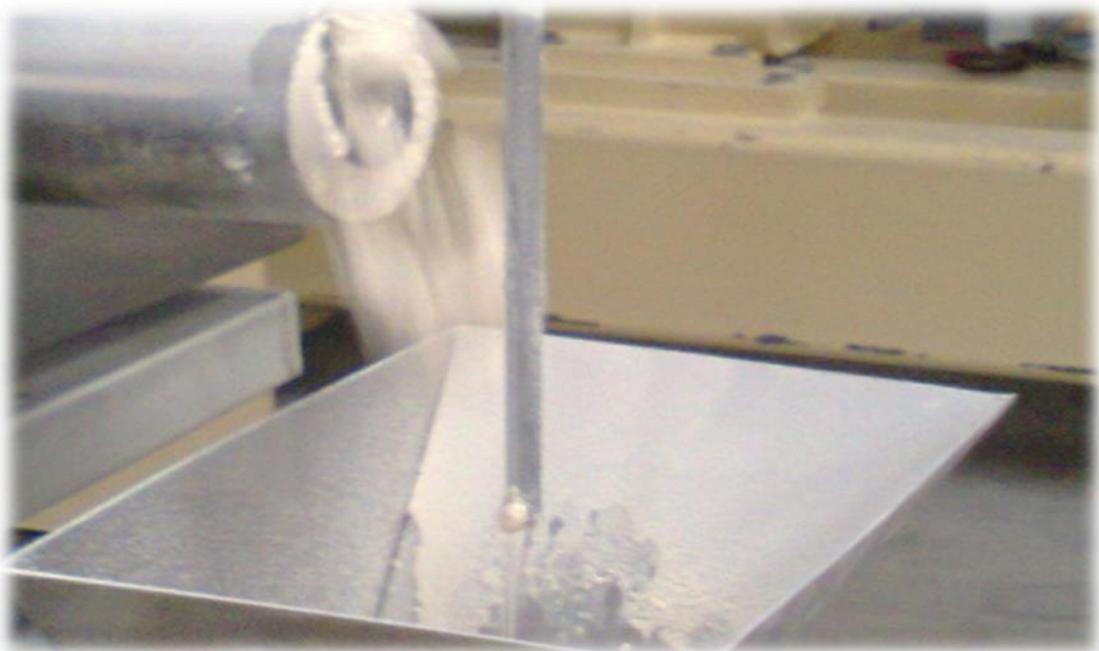


Figura 10. Volumen de agua que ingresa al extrusor.

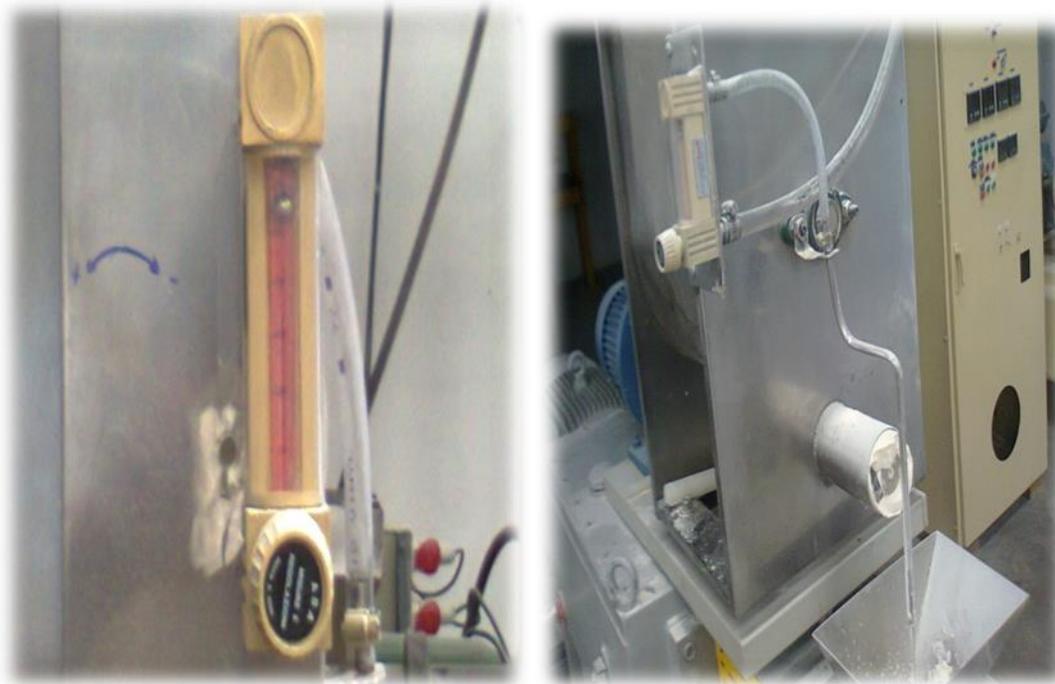


Figura 11. Flujómetro del extrusor.

Tabla 7. Datos humedad, densidad y diámetro Turno 1.

TURNO 1	MESES					
MES	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Densidad	0.19 ± 0.01	0.19 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.2 ± 0.05	0.19 ± 0.01	0.21 ± 0.03
Humedad	5.67 ± 0.66	5.85 ± 0.92	4.16 ± 0.78	3.53 ± 0.89	5.10 ± 0.82	5.54 ± 0.76
Diámetro	5.3 ± 0.55	5.24 ± 0.63	3.58 ± 0.61	4.86 ± 0.51	4.86 ± 0.47	4.75 ± 0.53

(FORTESAN, 2011)

Tabla 8. Datos humedad, densidad y diámetro Turno 2.

TURNO 2	MESES					
MES	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Densidad	0.19 ± 0.001	0.19 ± 0.001	0.18 ± 0.003	0.19 ± 0.006	0.19 ± 0.002	0.19 ± 0.006
Humedad	4.95 ± 0.13	5.34 ± 0.18	4.83 ± 0.26	4.38 ± 0.26	5.33 ± 0.37	5.10 ± 0.35
Diámetro	4.08 ± 0.50	5.22 ± 0.46	4.13 ± 0.51	4.80 ± 0.55	5.32 ± 0.58	5.33 ± 0.53

(FORTESAN, 2011)

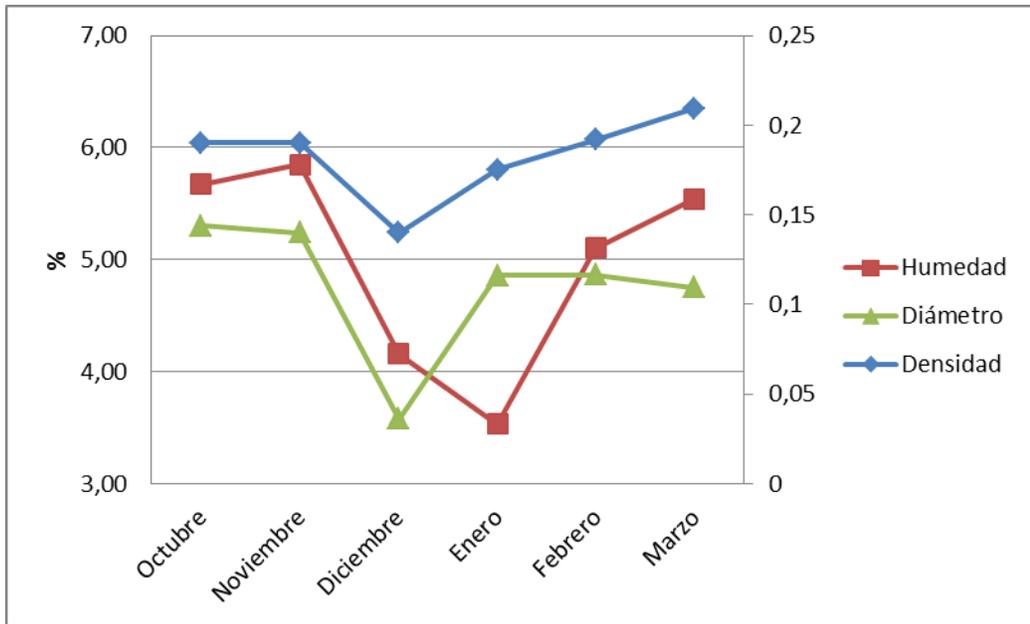


Figura 12. Influencia de la humedad, densidad y diámetro Turno 1.

(FORTESAN, 2011)

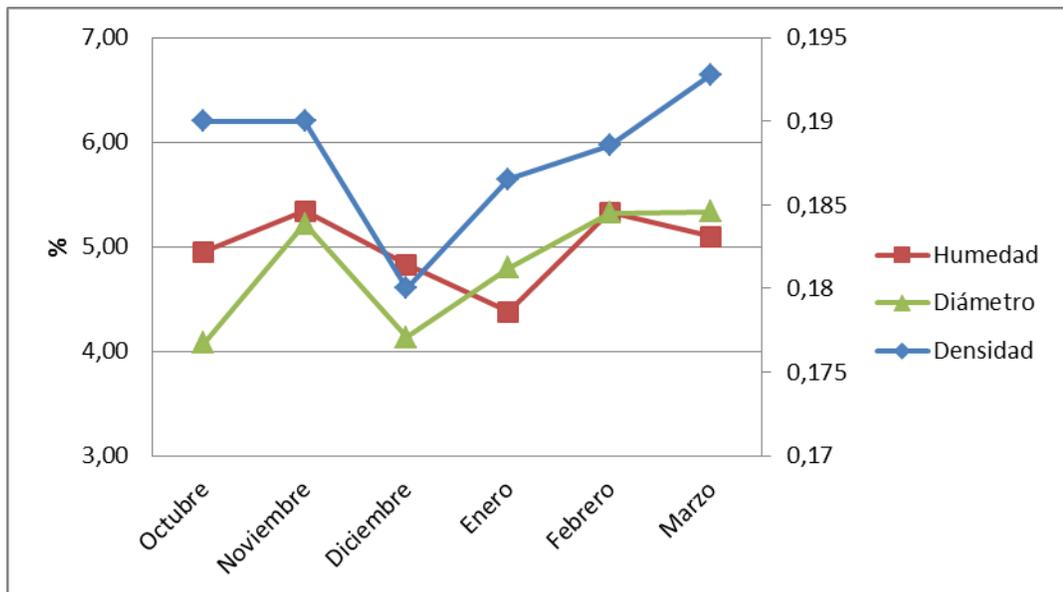


Figura 13. Influencia de la humedad, densidad y diámetro Turno 2.

(FORTESAN, 2011)

Luego de haber representado el comportamiento mensual del arroz crocante según el proceso de producción, se analizó las gráficas y se observó que han existido varias fluctuaciones en cada uno de los parámetros evaluados. Por esta razón, se analizó el proceso productivo, para en base a los datos obtenidos, desarrollar un diseño experimental que permita establecer las condiciones del proceso, y así obtener un producto con la humedad, densidad e intensidad de crocancia deseada, que es la finalidad de este estudio.

4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS A PARTIR DE CADA TRATAMIENTO

A partir de cada tratamiento, en función a las variables independientes (flujo de agua y temperatura de sacado) y una vez instalado el flujómetro, se evaluaron las variables dependientes que son humedad, densidad, índice de expansión, intensidad de crocancia, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua, en el producto final arroz crocante. Las mismas que indicaron cuál de los productos obtenidos a partir de cada tratamiento es el mejor en función a lo que se necesita en la empresa.

La tabla 9, muestra cada uno de los tratamientos dentro del diseño experimental con su respectivo código.

Tabla 9. Tratamientos del Diseño Experimental.

<i>Código</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Flujo de Agua</i>	<i>T. de Secado</i>
E₁	A1B1	560 ml/min	100°C
E₂	A2B1	600 ml/min	100°C
E₃	A1B2	560 ml/min	110 °C
E₄	A2B2	600 ml/min	110 °C

Luego de evaluar las variables dependientes, los resultados se presentan a continuación en la tabla 10.

Tabla 10. Valores de Humedad, Densidad e Índice de expansión.

Código	Tratamiento	Humedad	Densidad	Índice de Expansión
E1	A1B1	5.18 ± 0.23 ^a	0.18 ± 0.008 ^b	2.77 ± 0.20 ^{ab}
E2	A2B1	4.77 ± 0.27 ^b	0.20 ± 0.007 ^a	2.16 ± 0.56 ^b
E3	A1B2	3.32 ± 0.40 ^d	0.17 ± 0.008 ^c	2.79 ± 0.36 ^a
E4	A2B2	4.12 ± 0.42 ^c	0.20 ± 0.008 ^a	2.77 ± 0.25 ^a

n = 18

Letras diferentes en una misma columna denotan diferencias significativas a $P \leq 0,05$

4.3.1. HUMEDAD

La tabla 10, indica los valores de humedad por cada tratamiento. La tabla presenta las medias de los valores de humedad obtenido para cada ensayo. Los resultados a partir de cada tratamiento, muestran que la variable que más influye sobre la humedad de los productos obtenidos, es la temperatura de secado con un valor de $p < 0.05$, donde el flujo de agua, es un factor que no interfiere en la humedad final de los productos obtenidos.

La interacción entre la temperatura de secado y el flujo de agua, mostró dependencia entre cada uno de ellos con un valor de $p < 0.05$, es decir, si cambia la temperatura de secado o el flujo del agua, la humedad se ve alterada. Las diferencias significativas en la humedad, respecto a cada uno de los productos obtenidos en cada tratamiento se las representa en la figura 14. Donde se observa que todos los productos obtenidos a partir de cada tratamiento, tienen diferencias significativas.

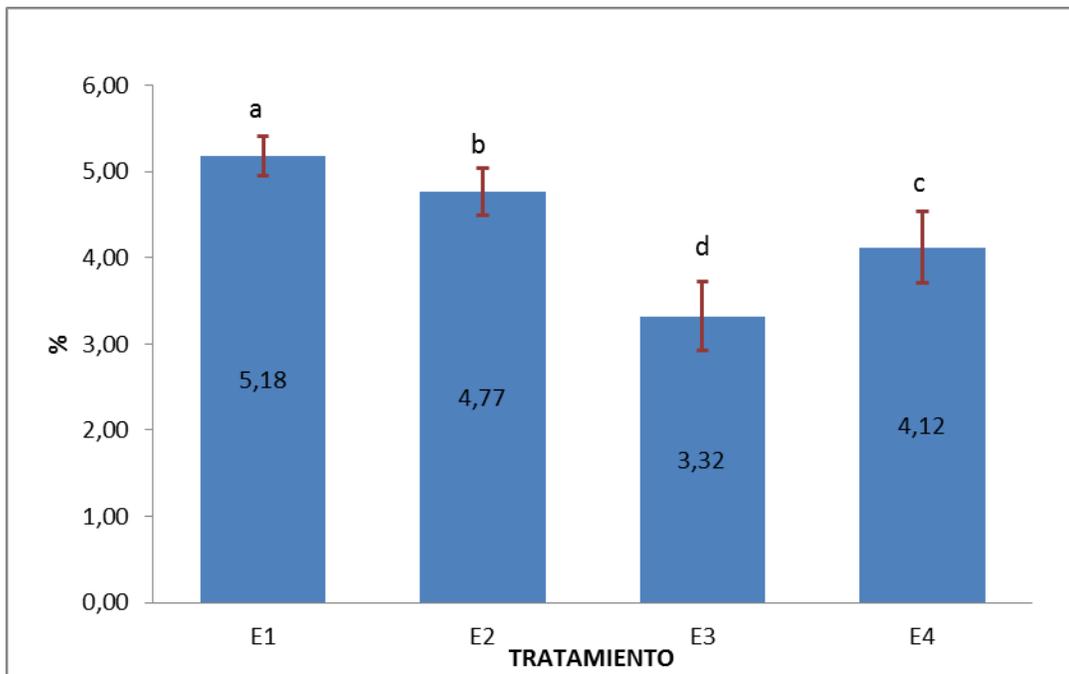


Figura 14. Humedad de los productos según cada tratamiento.

En función a lo que se observa en la figura 14 y según las necesidades de la empresa, se puede decir que el mejor tratamiento en lo que a humedad respecta es el E₂, es decir un flujo de agua constante de 600ml/min; y una temperatura de secado de 100°C, ya que la humedad que se desea es entre 4.5 – 5 % y con el tratamiento E₂ se tuvo una humedad de 4.77%. Los valores de humedad obtenidos se encuentran dentro de los establecidos por la NTC 3659., la misma que establece un máximo del 6% de humedad en productos expandidos.

4.3.2. DENSIDAD

La tabla 10, indica los valores de la densidad por cada tratamiento. Los resultados a partir de cada tratamiento, muestran que tanto el flujo de agua con

un valor de $p < 0.05$ y la temperatura de secado con un valor de $p < 0.05$, son las variables que influyen sobre la densidad de los productos obtenidos.

Además la interacción entre la temperatura de secado y el flujo de agua, mostraron dependencia entre cada uno de ellos con un $p < 0.05$, es decir, si cambia la temperatura de secado o cambia el flujo de agua, la densidad también varía. Las diferencias significativas en la densidad, respecto a cada uno de los productos obtenidos en cada tratamiento se las representa en la figura 15. Donde se observa cuales productos son los que tienen diferencias significativas en relación al tratamiento.

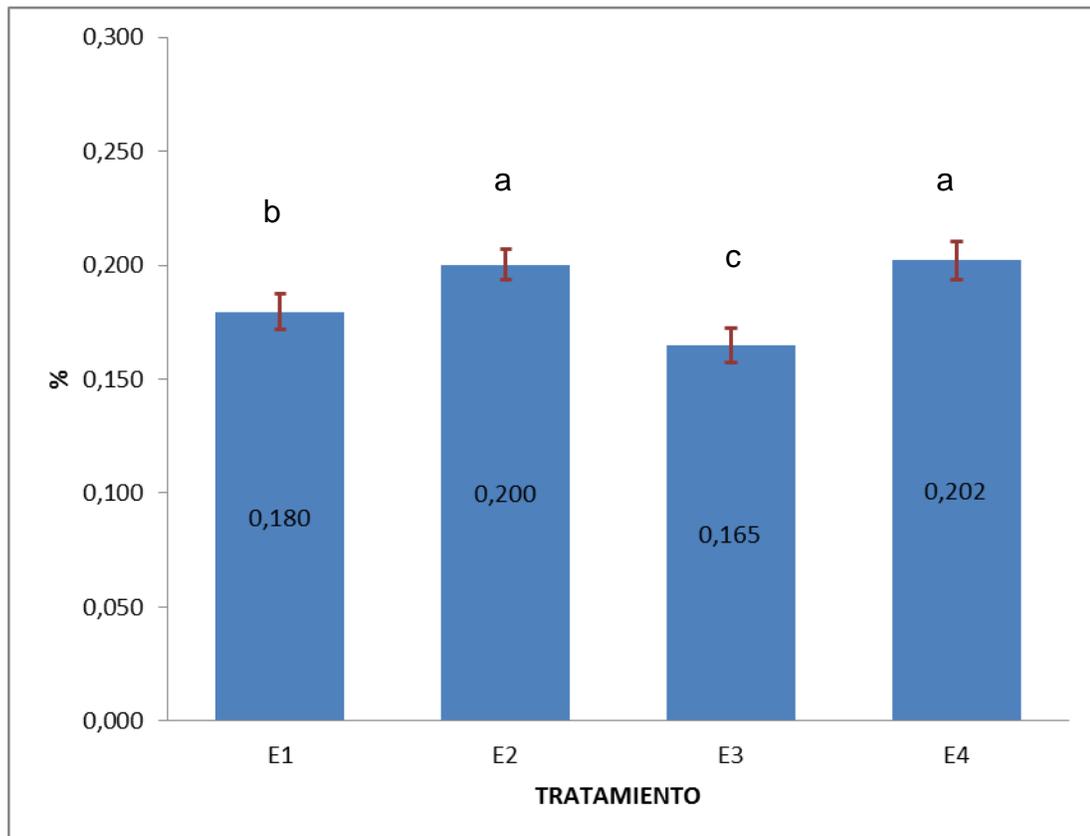


Figura 15. Densidad de los productos según cada tratamiento.

En función a lo que se observa en la figura 15 y según las necesidades de la empresa, se puede decir que el mejor tratamiento en lo que a densidad

respecta es el E₂, es decir un flujo de agua constante de 600 ml/min; y una temperatura de secado de 100°C, también se puede considerar el tratamiento E₄, es decir un flujo de agua constante de 600 ml/min; y una temperatura de secado de 110°C, ya que la densidad que se desea esta entre 0.190-0.200 g/LI y en cada uno de ellos se tuvo una densidad de 0.200 g/L y de 0.202 g/L respectivamente.

El parámetro de la densidad refleja la calidad del producto final arroz crocante en cuanto a la textura, apariencia y homogeneidad, donde mientras más bajo es el valor, el producto tendrá mejores características (Revelo, 2010). En el caso de la fábrica de alimentos fortificados FORTESAN, no es de interés tener un grano con densidad tan baja ya que esto tiene relación con la expansión y si el grano de arroz crocante es muy grande causa problemas en los procesos posteriores, es por esa razón que la densidad que se desea alcanzar este entre 0.190-0.200 g/L, con la cual se puede alcanzar un grano de un buen tamaño y que no ocasione inconvenientes en procesos posteriores. Tal es el caso del tratamiento E₂ y E₄, los mismos que no tienen diferencias significativas entre sí. (Alvim, Sgarbieril & Chang, 2002).

Se ha observado que el efecto de la humedad y de la temperatura en la expansión del almidón da como resultado productos con una alta relación de expansión (baja densidad). Es decir con temperaturas altas en el proceso de extrusión y humedades bajas, tal es el caso del tratamiento E₃ donde se puede ver que con un flujo de agua de 560 ml/min y una temperatura de secado de 110°C dio como resultado una humedad baja de 3.32%, una densidad baja de 0.165 g/L y con un índice de expansión alto de 2.79 que fue el más alto en relación a los demás tratamientos.(Chang & El-Dash, 2003). Por esta razón en los tratamientos aplicados se observa que tanto el tratamiento E₂ y E₄ son los que emplean mayor cantidad de agua, es decir, 600 ml/min. Lo que permite alcanzar la densidad deseada por la fábrica.

En otro trabajo Gujska & Khan, (1991) midieron la densidad a productos extrudidos a partir de maíz, obteniendo un valor de 0.470 g/L, que es mucho mayor al obtenido en este trabajo que fue de 0.200 g/L, lo cual pudiera ser explicado por la diferencia de materias primas empleadas. De igual forma se midió la densidad en mezclas con diferentes proporciones de proteína de frijol navy, obteniendo que una cantidad del 20 % de esta materia prima, representó un aumento significativo de la densidad, lo cual se lo atribuyó a la concentración y tipo de proteína empleada. Con lo que se afirma que en extrudidos elaborados a partir de harina de frijol, maíz y proteína de soya, esto ocurre en la mayoría de los casos, pero también según aumenta la concentración de proteína, la densidad va disminuyendo por la composición de las leguminosas (Martín et al., 1999).

En el caso de la fábrica no es de interés obtener un producto con una densidad tan alta > 0.210 g/L ni tan baja < 0.185 g/L, debido a que bajo estas condiciones el producto final arroz crocante causa inconvenientes en el posterior proceso productivo; ya que el arroz crocante se lo utiliza como materia prima de otro producto, mas no se lo comercializa como producto final.

4.3.3. ÍNDICE DE EXPANSIÓN

La tabla 10, indica los valores del índice de expansión por cada tratamiento. La tabla presenta las medias de los valores del índice de expansión obtenidos para cada ensayo. Los resultados a partir de cada tratamiento, muestran que la variable que más influye sobre el índice de expansión de los productos obtenidos, es la temperatura de secado con un valor de $p < 0.05$, donde el flujo de agua, es un factor que no interfiere en el índice de expansión final de los productos obtenidos.

La interacción entre la temperatura de secado y el flujo de agua, mostraron independencia entre cada una de ellas, es decir, si cambia la temperatura de

secado, o el flujo de agua en el tratamiento, la expansión no se ve afectada. Las diferencias significativas en el índice de expansión, respecto a cada uno de los productos obtenidos en cada tratamiento se las representa en la figura 16.

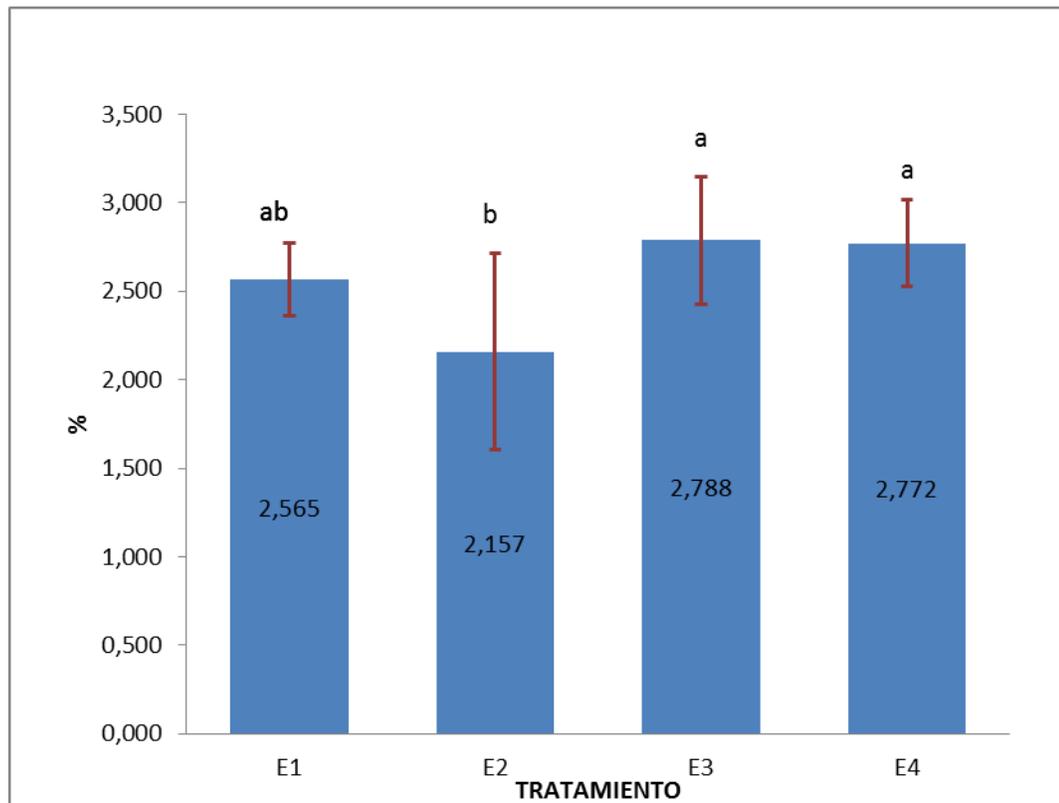


Figura 16. Índice de Expansión de los productos según cada tratamiento.

De acuerdo a lo que se observa en la figura 16 y a pesar de que el índice de expansión no es un parámetro que se lo analiza dentro de la fábrica, se lo analizó ya que es un factor importante dentro de la extrusión. El mismo que permite conocer si el grado o índice de expansión existe en cada uno de los tratamientos. Se considera que existe expansión cuando el valor del índice de expansión es ≥ 1.5 por lo que se considera que si existió expansión en cada uno de los tratamientos (CLEXTRAL, 2011).

En función a los resultados obtenidos, el mejor tratamiento en lo que a índice de expansión corresponde es el E₃, es decir un flujo de agua constante de 560ml/min; y una temperatura de secado de 110°C, también se puede considerar el tratamiento E₁ y E₄, ya que estos tratamientos no tienen diferencias significativas en relación al tratamiento E₃.

Mientras tanto en condiciones de temperatura más baja y humedad más alta, se observó que la expansión era menor y los productos presentaron mala apariencia, es decir, estuvieron oscuros, duros y ásperos. Por lo que la humedad tiene relación directa con la expansión, obteniendo un producto de buenas características a partir de altas temperaturas y bajas humedades en el proceso de extrusión, tal es el caso del tratamiento E₃ (Alvim et al., 2002). Sin embargo en la fábrica se seleccionó el tratamiento E₂, es decir un flujo de agua constante de 600 ml/min; y una temperatura de secado de 100°C, ya que al ser el grano de arroz muy grande este causa problemas en los procesos posteriores y el índice de expansión en este tratamiento fue de 2.16, que es un diámetro de un grano de arroz que permite operar sin inconvenientes.

Durante el proceso de extrusión se pierde aproximadamente entre 5 – 6.5% de agua en términos de peso, por lo que se determinó que un aumento en la humedad, provoca una disminución en la relación al índice de expansión de los productos extruidos, tal como se ve en el tratamiento E₂, que es el tratamiento en el cual ingresa mayor cantidad de agua y por ende es el que menor índice de expansión tiene. Además la adición de leguminosas en cantidades mayores al 20% de la mezcla con cereales, provoca una reducción del índice de expansión seccional (SEI), en este caso el concentrado de soya no afecta la expansión en el producto final arroz crocante ya que se utiliza apenas un 14% de concentrado de soya en relación a la mezcla.

En lo que concierne a la relación de expansión más alta, es notable que se da en los productos que poseen mayor cantidad de almidón en su estructura. Tal

es el caso de granos de maíz con SEI = 3.45 y extruidos obtenidos de las mezclas que contienen granos de maíz, harina de trigo, sémola de trigo y sémola de arroz con SEI = 3.79. Sin embargo, según los análisis realizados, el mejor tratamiento del arroz crocante que fue el E₃, tuvo SEI = 2.788 que es un valor alto, ya que en la formulación tiene concentrado de soya y además en relación al maíz tiene menor cantidad de almidón (Opydo & Moscicki, 1999).

4.3.4. INTENSIDAD DE CROCANCIA

La tabla 11, indica los resultados en función a la tabulación de los valores de aceptabilidad del arroz crocante, en lo que respecta a la intensidad de crocancia, obtenido por el panel en función a cada tratamiento, como se observa en el Anexo 14. La sumatoria final por cada muestra, indica el orden de intensidad de crocancia de manera ascendente, es decir, la muestra que tuvo menor puntuación fue la muestra con mayor intensidad de crocancia, mientras que la muestra con mayor puntuación fue la de menor intensidad de crocancia.

Tabla 11. Resultados prueba de ordenamiento

TRATAMIENTO	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
CÓDIGO	345	641	718	291
	E1	E3	E2	E4
INTENSIDAD DE CROCANCIA				
	MÁS CROCANTE		MENOS CROCANTE	
	1	2	3	4
SUMATORIA	47	66	44	63

Los resultados que se obtuvieron al analizar las respuestas del panel muestran que producto sobresalió en su intensidad de crocancia como se observa en la figura 17.

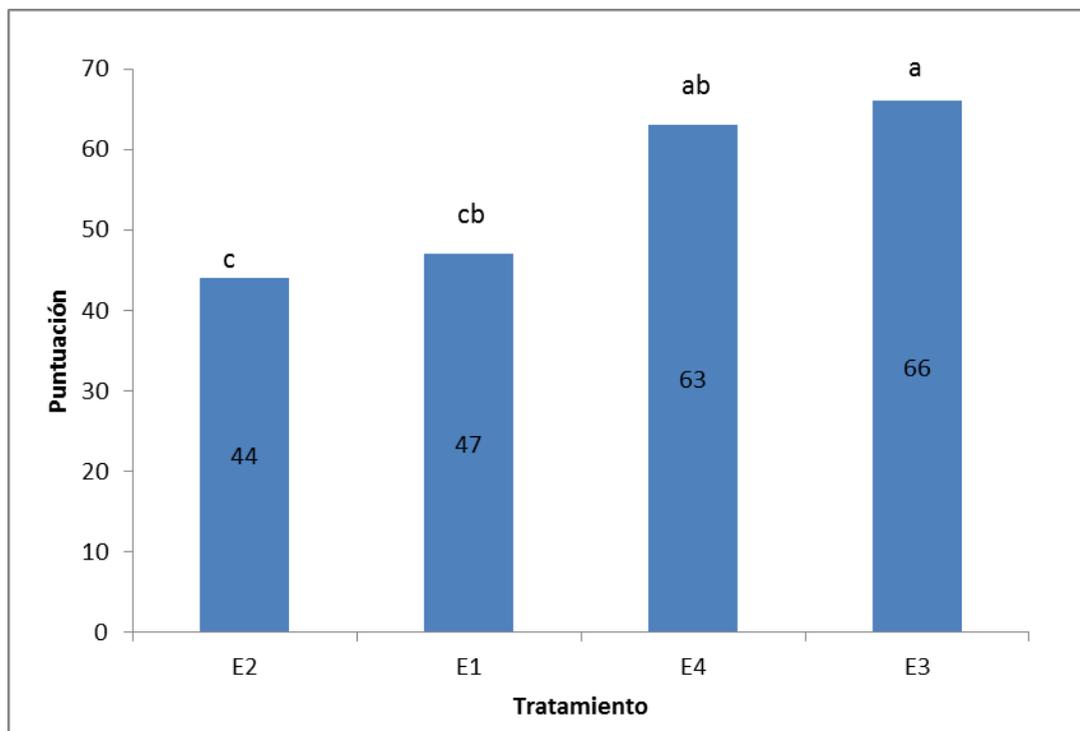


Figura 17. Prueba de Ordenamiento

En función a la figura 17, el producto que tuvo mayor aceptabilidad por los panelistas en lo que a crocancia se refiere, fue la muestra E_2 , es decir un flujo de agua constante de 600 ml/min; y una temperatura de secado de 100°C. Así mismo se observó, que el producto con menor crocancia fue el de la muestra E_3 , es decir 560 ml/min de flujo de agua y de 110°C de temperatura del secador.

Se puede decir que las muestras E_2 y E_1 , fueron las muestras con mayor intensidad de crocancia, donde sobresale la muestra E_2 , ya que posee diferencias significativas con las demás muestras y no guarda relación con ninguna otra muestra, lo que sí ocurre con la muestra E_1 , que también guarda relación con la muestra E_4 . Por lo que la muestra con mayor intensidad de crocancia es la muestra E_2 .

Un parámetro de calidad de gran importancia en la aceptación de los productos extruidos es la dureza, textura. Este parámetro sensorialmente representa la fuerza requerida para la compresión de una sustancia entre los dientes y el producto que tuvo mayor aceptación fue el tratamiento E₂ (Borges, Leonel & Mischan, 2010).

En condiciones de baja humedad, bajo contenido en proteínas y baja temperatura de extrusión da como resultado menor dureza. Con el aumento del contenido de humedad se lleva a cabo la reducción de la viscosidad de la masa, la gelatinización del almidón se reduce y el crecimiento de las burbujas se suprime, lo que resulta en un producto más denso. Mientras tanto el aumento de la temperatura disminuye la viscosidad de la masa fundida por extrusión, promueve el crecimiento de las burbujas y produce "snacks" de baja densidad y bien crujientes (baja dureza). Mientras la combinación de altas humedades y altas temperaturas permiten tener un producto de densidad no tan baja con una buena crocancia, que es lo que se obtuvo aplicando este tratamiento (Ding, Ainswoth, Tucker & Marson, 2005).

4.3.5. ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA

La tabla 12, indica los valores del índice de solubilidad en agua y del índice de absorción de agua, por cada tratamiento.

Tabla 12. Valores del ISA y IAA

CÓDIGO	TRATAMIENTO	ISA	IAA
E ₁	A1B1	24.81 ± 1.847 ^b	6.97 ± 0.39 ^{ab}
E ₂	A2B1	22.25 ± 1.851 ^b	6.19 ± 0.92 ^b
E ₃	A1B2	23.69 ± 0 ^b	7.97 ± 0.22 ^a
E ₄	A2B2	30.17 ± 1.855 ^a	6.84 ± 0.16 ^{ab}

Letras deferentes en una misma columna denotan diferencias significativas a P≤0,05

Los resultados del índice de solubilidad en agua y del índice de absorción de agua que se obtuvo por cada tratamiento se los representa en la figura 18 y 19 respectivamente.

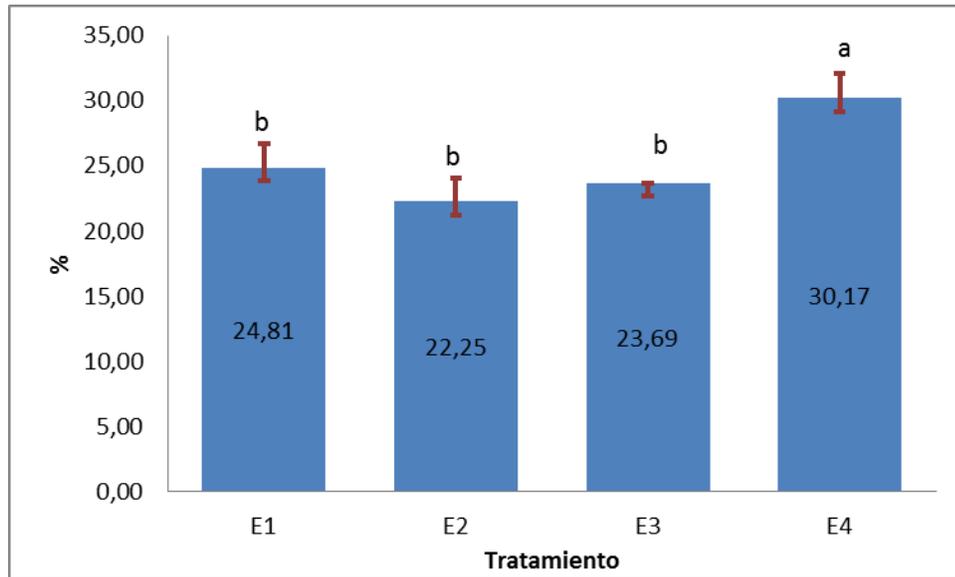


Figura 18. Índice de solubilidad en agua

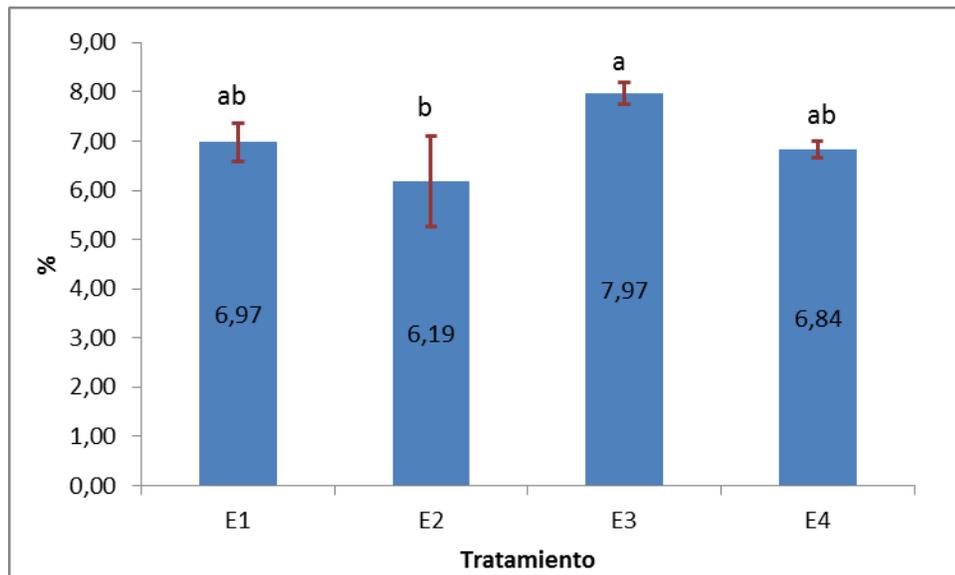


Figura 19. Índice de absorción de agua

A pesar de que estos índices, tanto el de solubilidad en agua como el de absorción de agua, no son parámetros que se los controle en la fábrica, se los analizó para ver si se gelatinizan o no los almidones, lo que nos brinda beneficios como producto terminado. Ya que el comportamiento de un alimento sometido a una suspensión acuosa se denomina propiedad funcional, la misma que influye sobre las características sensoriales de los alimentos, principalmente sobre la textura. Además que juega un papel importante en el comportamiento del alimento en su fase de almacenamiento (Revelo, 2010). Es por esa razón que se analizó ya que interesa que las propiedades funcionales, es decir características sensoriales no se vean afectadas el entrar en contacto con el jarabe (solución acuosa) que forma parte también de las materias primas de barra.

El índice de solubilidad en agua está relacionado con la cantidad de sólidos solubles en una muestra seca, lo que permite verificar el grado de severidad del tratamiento de extrusión, debido a la degradación, la gelificación, y la posterior solubilización del almidón. El aumento de solubilidad se atribuye a la dispersión de las moléculas de amilosa y de amilopectina, así como por la formación de compuestos de bajo peso molecular (Carvalho, Ascheri & Cal-Vidal, 2002).

Mientras que el índice de absorción de agua depende de la disponibilidad de los grupos hidrófilos (-OH) en la unión a moléculas de agua y la capacidad de formación de gel de moléculas (De Souza, Leonel & Mischan, 2007). Además valores más altos de índice de absorción de agua en productos extruidos se obtiene a partir de las mezclas de sémolas de maíz con granos de trigo y harina de trigo. En el caso de mezclas que contengan semillas molidas de plantas oleaginosas y leguminosas el índice de absorción de agua es muy bajo. Estos valores se atribuyen al hecho de que mientras el contenido de proteína en las mezclas aumenta, la capacidad de absorción de agua se reduce, convirtiéndose así la muestra en más crujiente. Por lo tanto, para aumentar IAA, la adición de

almidón a las materias primas puede dar resultados positivos (Ding et al., 2005). En el caso de la fábrica lo que es prioritario es la crocancia y en función a ello y a lo expuesto por Ding et al. (2005), el tratamiento E₂, es decir un flujo de agua constante de 600 ml/min; y una temperatura de secado de 100°C, es el tratamiento que tiene menor índice de absorción de agua (IAA), menor índice de solubilidad en agua (ISA), es el más crujiente, es el que menos expansión posee y cuya humedad y densidad se ajustan a los requerimientos de la fábrica, lo que nos permite alcanzar las características de arroz crocante deseadas por fábrica.

Finalmente, luego de haber realizado los análisis de todas las variables, la empresa de alimentos fortificados FORTESAN, implanto en su sistema de producción el tratamiento E₂, es decir un flujo de agua constante de 600ml/min; y una temperatura del horno de secado de 100°C, este tratamiento les ha permitido obtener el producto final arroz crocante dentro de los parámetros que ellos necesitan que es una humedad entre 4-5%; una densidad entre 0.190-0.200 g/L y una textura con una buena intensidad de crocancia.

Con la aplicación de este tratamiento la fábrica ha mejorado su producto, lo que les ha evitado problemas en el proceso de elaboración de barras de cereales y por ende ya no tienen problemas de taponamientos de cañón, de variación de pesos por barra, caja y pallet. Esto les ha evitado multas o rechazos de lotes de producción, con lo que se ha podido mejorar y aumentar la productividad de la fábrica.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La caracterización de la materia prima principal para la elaboración de arroz crocante, permitió establecer las características necesarias de cada una tanto en la harina de arroz (Humedad: 9 - 11% y Proteína 8 – 10 %) como en el concentrado de soya (Humedad: 8 - 10% y Proteína 38 – 42 %); las mismas que sirven como un parámetro de control en la fábrica de alimentos fortificados FORTESAN, al momento de recibirlas por parte de los proveedores, lo que ha ayudado a tener un tipo de materia prima estándar y se ha evitado que esta baje de calidad por parte de los proveedores.
- El desarrollo de un diseño experimental A x B en función al flujo de agua y a la temperatura de secado (variables independientes), permitió seleccionar un tratamiento acorde a las necesidades de la empresa, donde los resultados obtenidos mostraron que a mayor flujo de agua y menor temperatura de secado, la crocancia del producto, la humedad y la densidad del arroz crocante son aceptables, donde el índice de expansión, índice de absorción de agua (IAA) y el índice de solubilidad en agua (ISA) son bajos los mismos que permiten alcanzar las necesidades de la fábrica.
- Se determinó que el mejor tratamiento para el proceso de elaboración de arroz crocante es el E₂, es decir el producto obtenido a partir de un flujo de agua de 600ml/min y con una temperatura de secado de 100°C, ya que este producto presentó los parámetros más adecuados que se ajustan a la necesidad de la empresa. Este producto presentó una

humedad final de 4.77 ± 0.27 %; una densidad de 0.2 ± 0.007 g/L y una textura con una buena intensidad de crocancia.

- La utilización de altas temperaturas tanto en el proceso de extrusión como en el de secado, eliminan cualquier tipo de contaminación por microorganismos que pueda existir, lo que garantiza que el producto final arroz crocante este sin contaminación.

5.2. RECOMENDACIONES

- Aplicar otras formulaciones para la elaboración de arroz crocante, con las cuales se tenga un mayor valor nutricional y la materia prima principal harina de arroz sea la que se utiliza en menor cantidad, pudiendo ser reemplazada por quinua, amaranto, etc., con lo que se estudiaría como se complementan los aminoácidos y los antioxidantes en el producto.
- Realizar un producto que sea directo para el mercado, es decir que no se utilice el arroz crocante únicamente como materia prima de barra de cereales, lo que causará beneficios tanto para la empresa como para los consumidores.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (1996a). Association of Official Analytical Chemists. AOAC 925.09. Official Methods of Analysis.
- AOAC (1996b). Association of Official Analytical Chemists. AOAC 955.04 Official Methods of Analysis.
- AOAC (2003). Association of Official Analytical Chemists. AOAC 2003.06. Official Methods of Analysis.
- Acosta, H. (1990). Aspectos básicos de la extrusión. Memorias del seminario taller, 23. Extrusión de alimentos enriquecidos con soya y Asociación Americana de Soya (ASA). 110-164. Recuperado el 6 de Junio del 2013, de http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080072427/1080072427_04.pdf
- Alvim, I., Sgarbieril, V. & Chang, Y. (2002). Desenvolvimento de farinhas mistas extrusadas à base de farinha de milho, derivados de levedura e caseína. *Campinas*, 22, 170-176. Recuperado el 8 de Mayo del 2013, de <http://www.scielo.br/pdf/cta/v22n2/a12v22n2.pdf>
- Arcos, C., Pinto, D. & Rodríguez, J. (2006). La cascarilla de arroz como fuente de SiO₂, 15. Recuperado el 18 de Julio del 2013, del sitio Web <http://estudiosterritoriales.org/articulo.oa?id=43004102>
- Becerra, C. & Cerda, C. (2002). Extrusión de alimentos. Tesis profesional, Universidad de la Frontera.
- Borges, B., Leonel, M. & Mischán, M. (2010). Parâmetros de extrusão na produção de snacks de farinha de mandioca enriquecidos com casein. *Extrusion parameters in snacks production from cassava flour and casein*. 31, 109-126. Recuperado el 22 de Mayo del 2013, de <http://www.google.com.ec/#fp=61db09a690040d6a&q=Par%C3%A2metr>

os+de+extrus%C3%A3o+na+produ%C3%A7%C3%A3o+de+snacks+de+
farinha+de+mandioca

Carvalho, R., Ascheri, J. & Cal-Vidal, J. (2002). Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. *Agrotecnología*, 26, 1006 -1018. Recuperado el 15 de Mayo del 2013, de <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/viewFile/958/793>

Chang, Y. & El-Dash, A. (2003). Effects of acid concentration and extrusion variables on some physical characteristics and energy requirements of cassava starch. *Chemical Engeneering*, 20, 129-137. Recuperado el 4 de Junio del 2013, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-6632200300200006

Chinnaswamy, R. & Hanna, M. (1998). Relationship between amylose content and extrusion-expansion properties of corn starches. *Cereal Chemistry*, 65, 138-143. Recuperado el 4 de Junio del 2013, de http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1988/Documents/65_138.pdf

CLEXTRAL (2011). A DIVISION OF GROUPE LEGRIS INDUSTRIES. Manual de curso práctico de extrusión de alimentos.

CODEX Alimentarius (2013). CODEX STAN 19-1981. Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. Recuperado el 22 de Abril del 2013, de www.codexalimentarius.org/input/download/standards/74/CXS_019s.pdf

CODEX Alimentarius (2003). CODEX STAN 175-1989. Norma del Codex para productos proteínicos de soja. Recuperado el 12 de Abril del 2013, de www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXS_175s.pdf

CODEX Alimentarius (2001). CODEX STAN 198-1995. Norma del Codex para

el arroz. Recuperado el 12 de Abril del 2013, de www.codexalimentarius.org/input/download/standards/61/CXS_198s.pdf.

De Luna, A. (2007). Composición y Procesamiento de la soya para consumo Humano. Recuperado el 12 de Julio del 2013, del sitio Web del departamento de Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes:

<http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista37/Articulo%205.pdf>

De Souza, L., Leonel, M. & Mischan M. (2007). Efeito dos parámetros de extrusao nas propriedades físicas de extrusados de misturas de fécula de mandioca e polpa citrica. *Alimentos y Nutrición*, 18, 83-91. Recuperado el 6 de Julio del 2013, de <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/138/147>

Del Pozo, H. (2010). Ley orgánica de educación superior. *Registro oficial*, 298, 25. Recuperado el 16 de Mayo del 2012, de http://www.utelvt.edu.ec/LOES_2010.pdf

Ding, Q., Ainswoth, P., Tucker, G. & Marson, H. (2005). The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice based expanded snacks. *Food Engineering*, 66, 283-289. Recuperado el 16 de Mayo del 2013, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877404001426>

Domínguez, M. (2000). Uso de almidones modificados en confitería. La Habana, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.

Enríquez, A. M. (2004). Extrusión en la industria alimentaria. La Habana, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.

FAO (2004). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. El arroz y la nutrición humana. Recuperado el 19 de Mayo del 2013, del sitio Web <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>

- FEDNA (2012). Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal. Aislado de proteína de soja. Recuperado el 12 de Junio del 2013, de http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aislado-de-prote%C3%ADna-de-soja
- Fellows, P., (1993). *Tecnología del proceso de los alimentos: principios y prácticas*. Zaragoza-España: Acribia.
- FORTESAN (2008). Guía para siembra de Coliformes Totales por el método del número más probable (NMP).
- FORTESAN (2011). Guía de producción de arroz crocante.
- Gujaska, E. & Khan, K. (1991). Functional properties of extrudates from high starch fractions of navy and pinto beans and corn meal blended with legume high protein fractions. *Food Science* 59, 431-435. Recuperado el 4 de Junio del 2013 de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1991.tb05297.x/abstract>
- Gutkoski, L. C. (1999). Development of extruded snacks using jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) flour and cassava starch blends, 4, 159-162. Resumen recuperado el 5 de Julio del 2013, de la base de datos Wiley Online Library.
- Guy, R. (2002). *Extrusión de Alimentos. Tecnología y Aplicaciones*. Zaragoza, España: Acribia.
- Harper, J. (1990). Formulación de productos, ventajas nutricionales y control de calidad de cereales y soya extrudidos. *Extrusión de alimentos enriquecidos con soya*, 63-81.
- Hsieh, F. & Li, Y. (1996). *Food Engineering*. 4, 353 - 375. Recuperado el 17 de Julio del 2013, de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1834/tesisUPV2195.pdf>

- Huber, G. (2000). Twin- Screw Extruders. In Extruders in Food Applications. Technomic. 107-138. Resumen recuperado el 12 de Julio del 2013, de la base de datos Springer-Verlag US.
- INEC (2008). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Sistema agroalimentario de la soya. Recuperado el 10 de abril del 2013, de <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Soya.pdf>
- INEC (2010). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Sistema Agroalimentario del arroz. Recuperado el 10 de abril del 2013, de <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Arroz.pdf>
- INEN (2008). Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE 0037:73. Norma Técnica Ecuatoriana. Grasas y aceites comestibles. Determinación del Índice de peróxidos. Recuperado el 22 de abril del 2013, de <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/37.pdf>
- Juliano, Bienvenido. (1994). El arroz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición No. 26. (En Línea) Recuperado el 12 de mayo del 2013, de http://books.google.com.ec/books?id=d1Ak3Zg2_PYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- LOES (2010). Ley orgánica de educación superior. Registro Oficial. Órgano del gobierno del Ecuador. Recuperado el 05 de mayo del 2013, de http://www.utelvt.edu.ec/LOES_2010.pdf
- MAGAP (2011). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. Superficie, producción y rendimiento del arroz. Recuperado el 18 de mayo del 2013, de <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/arroz-spr-2>
- MAGAP (2012). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. Principales cultivos del Ecuador. Recuperado el 18 de mayo del 2013,

de <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/site-map/2-produccion/Cacao?view=application>

Maroulis, Z..B., Thymi, S., Krokida, M.K. & Pappa, A. (2004). "Structural properties of extruded corn starch". *Food Engineering*, 68, 519-526.

Recuperado el 6 de Julio del 2013, de <http://tecgranosysemillas.files.wordpress.com/2013/05/desarrollo-de-alimentos-precocidos-por-extrusion-a-base-de-macizos-leguminosa.pdf>

Martín-Cabrejas, M.A., Jaime, L., Naranja, C., Downie, A.J., Parker, M.L., Lopez-Andreu, F.J., Maina, G., Esteban, R.M., Smith, A.C. & Waldron, K.W. (1999). Modifications to physicochemical and nutritional properties of hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.) by extrusion cooking. *Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1174- 1182. Recuperado el 11 de Junio del 2013, de <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf980850m>

Martinez, H., Muñoz, J. & Redner, F. (2006). Sociedad Argentina de Nutrición. Grupo QS.A. Soja. Propiedades nutricionales y su impacto en la salud, 26. Recuperado el 23 de mayo del 2013, de <http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/soja.pdf>

Miller, R. C. (1990). Unit operations and equipment IV. Extrusion and Extruders. In *breakfast Cereals and how They Are Made*. American Association of Cereal Chemists.

Morten, M., Carr, T. & Vance, G. (2006). *Sensory Evaluation Technique* (4th ed.)

NTC (1996). Norma Técnica Colombiana. NTC 3659. Industrias Alimentarias. Expandidos, extruidos a base de cereales. Recuperado el 2 de Mayo del 2013, de <http://es.scribd.com/doc/50157864/NTC3659>

Opydo, B., & Moscicki, L. (1999). Physical Properties of Extrusion-Cooked Vegetable Raw Materials, 493-496. Resumen Recuperado el 3 de Junio del 2013, de la base de datos Directory of Open Access Journals (DOAJ).

- Revelo, A. (2010). Desarrollo y evaluación de las tecnologías de un snack laminado a partir de quinua. Tesis profesional, Escuela Politécnica Nacional.
- Riaz, M. (2004). Extrusores en las aplicaciones de los alimentos. Zaragoza, España: Acribia.
- Sánchez, M.T. (2003). Proceso de elaboración de alimentos y bebidas. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Torres, J. & Pérez W. (2006). Ciencia y Tecnología de Alimentos, 16, 3.
Resumen Recuperado el 14 de Junio del 2013, de la base de datos EBSCO.
- Zúñiga, V. (2005). La tecnología del proceso de extrusión para la elaboración de alimentos. Tesina profesional, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Recuperado el 3 de Abril del 2013, de <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/123456789/5171/1/latecnologiadelprocesodeextrusionparalaelaboraciondealimento.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1.

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Se realizó por pérdida de peso; ya que este es un método aplicable para el análisis de materias primas, producto en proceso y producto terminado. El procedimiento se basa en la medida de pérdida de peso de una muestra al someterlas a altas temperaturas aproximadamente 105°C; a esta temperatura se produce la evaporación del agua contenida en la muestra.

Para lo que se pesó 5 g de muestra en una cápsula tarada, a la cual se la sometió a una temperatura de 105°C por un tiempo de aproximadamente 4 horas hasta que se obtuvo el peso constante de la muestra, posteriormente se la enfrió en el desecador y se procedió con la toma del peso final de la muestra, para realizar los cálculos respectivos según la fórmula 1.

$$\%H = \frac{W_o - W_f}{W_f} * 100 \quad [1]$$

Dónde:

%H: porcentaje de humedad

Wo: peso inicial de la muestra

Wf: peso final de la muestra

ANEXO 2.

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Se utilizó el método micro Kjeldahl, ya que puede ser usado en materias primas, producto en proceso y en producto terminado. Para lo que se colocó en un balón Kjeldahl 0.5g de muestra, media tableta catalizadora, 12 ml de ácido sulfúrico concentrado y 2.5 ml de peróxido de hidrógeno, se agregó los núcleos de ebullición y se llevó al equipo de digestión micro Kjeldahl, donde se digirió el material en caliente. Esta digestión dio como resultado final sulfato de amonio ((NH₄) SO₄).

Posteriormente se realizó el proceso de destilación y finalmente el de titulación de la proteína donde a partir de este se multiplicó por el factor de proteína que en este caso fue 6.25, con el que se obtuvo la cantidad de proteína bruta presente en el material de análisis. Para realizar los cálculos de proteína, se utilizaron las fórmulas 2 y 3.

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{\text{ml H}^2\text{SO}^4 * \text{N H}^2\text{SO}^4 * \text{meq N}}{\text{g}} * 100 \quad [2]$$

Dónde:

% de Nitrógeno: porcentaje de Nitrógeno
ml H₂SO₄: mililitros de ácido sulfúrico
N H₂SO₄: normalidad de ácido sulfúrico
g: gramos de muestra

$$\% \text{ de Proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} * \text{factor de conversión a proteína} \quad [3]$$

ANEXO 3.

DETERMINACIÓN DE PERÓXIDOS

Se lo realizó para determinar la cantidad (expresada en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa) de peróxidos en la muestra. Para lo que se pesó 5 g de muestra en un erlenmeyer, donde se agregó 30 ml de una mezcla entre ácido acético glacial y cloroformo en una relación 3:2 (18 ml de ácido y 12 ml de cloroformo), a la que se agitó hasta lograr completa disolución del contenido y luego se colocó 0.5 ml de solución saturada de yoduro potásico. Se dejó reposar la muestra por 5 minutos en un lugar oscuro.

Finalmente se añadió 30 ml de agua destilada a la que se homogenizó con la muestra, con lo que se procedió a la valoración del yodo liberado con solución de tiosulfato de sodio 0.1N, utilizando solución de almidón como indicador, hasta que el color azul desaparezca. Para realizar los cálculos del índice de peróxidos, se utilizó la fórmula 4.

$$IP = \frac{(V-V') \cdot N \cdot 1000}{m} \quad [4]$$

Dónde:

IP: Índice de Peróxidos

V: volumen de solución de tiosulfato de sodio, consumido en el ensayo en l.

V': volumen de solución de tiosulfato de sodio consumido en el blanco en l

N: normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

m: peso de la muestra (kg)

ANEXO 4.

DETERMINACIÓN DE GRASA

Permitió determinar la cantidad de extracto etéreo o “grasa cruda” que contienen las muestras por medio del método de extracción directa SOHXLET.

Para la determinación de grasa se envió a Multianalítica Cia.Ltda. (Laboratorio de análisis y aseguramiento de la calidad). Donde se utilizó hexano como solvente. Para realizar los cálculos de grasa, se utilizó la fórmula 5 y 6:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{W}{W_o} * 100 \quad [5]$$

Dónde:

W : peso de grasa

W_o : peso muestra inicial

$$W \text{ grasa} = W_f (\text{ balón + grasa + núcleos}) - W (\text{ balón + núcleos}) \quad [6]$$

ANEXO 5.

DETERMINACIÓN DE CENIZA

Permitió cuantificar el contenido mineral del alimento que puede ser fosfatos, sulfatos, carbonatos. Para lo que se pesó 5 g de muestra en un crisol previamente tarado y pesado y se lo ingresó en la mufla por 8 horas, hasta que tome coloración blanquecina. Una vez concluido el proceso se enfrió en el desecador. Para realizar los cálculos de ceniza, se utilizó la fórmula 7 y 8:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{W}{W_o} * 100 \quad [7]$$

Dónde:

W : peso de ceniza
 W_o : peso muestra inicial

$$W \text{ ceniza} = W_f (\text{crisol} + \text{ceniza}) - W (\text{crisol}) \quad [8]$$

ANEXO 6.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Preparación de la muestra e inoculación

Se homogenizaron 10g de muestra en 90 ml de agua de peptona esterilizada y obtenemos la dilución 10^{-1} , a partir de ésta se realizaron dos diluciones sucesivas (10^{-2} y 10^{-3}).

Para el método del número más probable, por cada dilución se utilizó 6 tubos de ensayo con 9 ml de caldo verde brillante previamente esterilizado, cada uno de estos tubos contiene una campana de Durham invertida, una vez que se sembró cada muestra como se observa en la figura 21, se la incubó según el método Oficial AOAC® el cual sugiere incubarlas durante 48 horas a 37°C.

Para el recuento de mohos y levaduras, las placas se incubaron según la guía de interpretación Petrifilm, la cual sugiere incubarlas durante 3-5 días a 25°C. De cada dilución se tomó 1 ml y se inoculó en las placas para el recuento de aerobios 3M.

Interpretación de resultados

Para la interpretación del número más probable, se incubó los tubos con las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} a 37 °C, por 48 horas, se tomó registros a las 24 y 48 horas respectivamente, analizando si existe o no presencia de gas en las campanas, lo que permitió establecer el número de UFC/g según la tabla de NMP (FORTESAN, 2008).

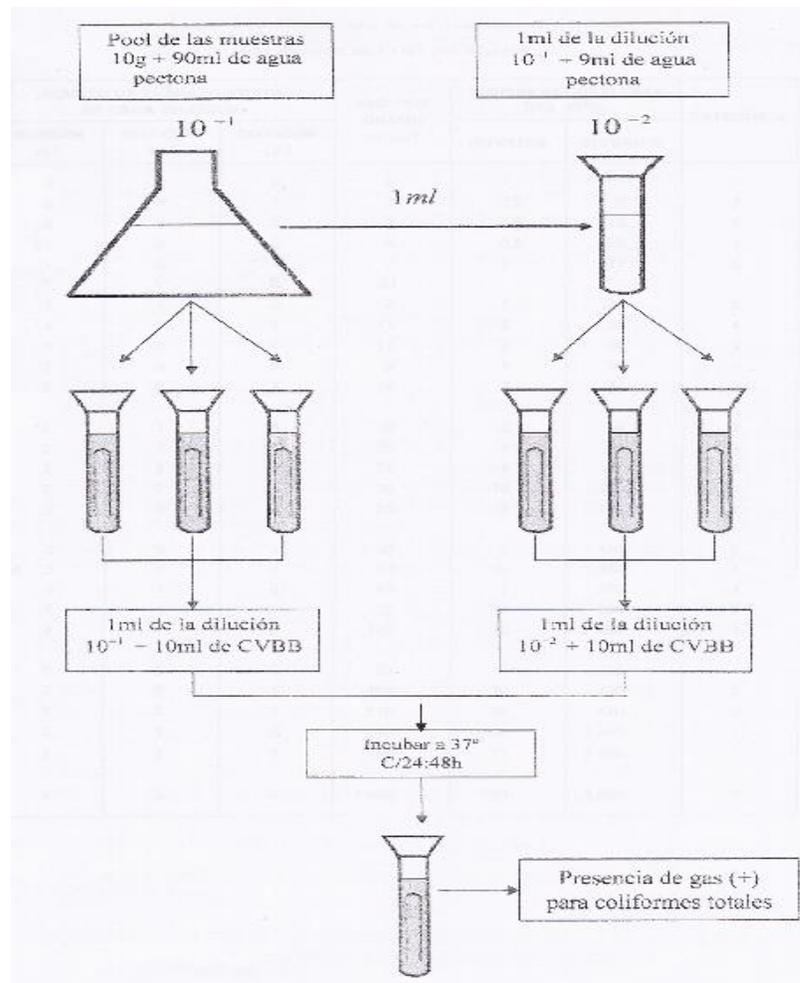


Figura 20. Siembra de coliformes totales por el método del número más probable.

(FORTESAN, 2008)

La interpretación de las colonias Petrifilm™ para mohos y levaduras se realizó con la Guía de interpretación Petrifilm, donde se indica que para diferenciar las colonias de mohos y levaduras, se debe observar una o más de las siguientes características:

Levaduras: colonias pequeñas, de bordes definidos, de color rosa tostado a azul verdoso, aparecen abultadas, de color uniforme.

Mohos: colonias grandes, de bordes difusos, color variable, apariencia plana, núcleo oscuro.

Para la interpretación de las colonias Petrifilm™ se utilizó la guía de interpretación 3M Petrifilm, la cual indica que se deberán contar todas las colonias de color rojo, independientemente de su tamaño o intensidad.

ANEXO 7.

DENSIDAD

Para la determinación de densidad del producto final arroz crocante se utilizó la fórmula 9.

$$d = m/v \quad [9]$$

Dónde:

d: densidad

m: masa

v: volumen

Para lo que se utilizó un recipiente de 1.73 L de capacidad, al mismo que se lo llenó con el producto final que se lo recogió a la salida del secador y se tomó el peso. Una vez que se obtuvo los datos se aplicó la fórmula y se consiguió el resultado.

ANEXO 8.

ÍNDICE DE EXPANSIÓN

La expansión se calculó como la relación entre el diámetro medio del producto y el diámetro del dado, para lo que se aplicó la fórmula 10.

$$SEI = \left(\frac{De}{Dd}\right)^2 \quad [10]$$

Dónde:

SEI:	Índice de expansión seccional
De:	Diámetro medio del producto
Dd:	diámetro del dado

ANEXO 9.

INTENSIDAD DE CROCANCIA

Para destacar la característica de crocancia dentro de los panelistas se utilizó una marca comercial de cereal “CHOCAPIC”, una vez que se obtuvo los resultados, se evaluó las distintas muestras obtenidas a partir del diseño experimental. Los resultados del panel se tabularon y calcularon las sumas de los ordenamientos para cada muestra, con lo que se evaluó estadísticamente con la ayuda del test de Friedman, el mismo que determina si las sumas de los ordenamientos totales para cada muestra difieren significativamente. La fórmula del estadístico Friedman es la siguiente:

$$F = \frac{12}{Nk(k+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_k^2) - 3N(k+1) \quad [11]$$

Dónde:

N: número de evaluadores

k: número de muestras

$R_1, R_2, \text{ etc.}$ Sumatorias de ordenamientos de cada muestra

En el caso de que existiera diferencias significativas se debe realizar un ensayo de comparación múltiple, con lo que se determinará que muestras difieren significativamente. Para lo que se debe calcular las diferencias entre las sumatorias de todas las muestras y comparar con el valor LSD del método, que se obtiene utilizando la fórmula 12.

$$LSD = Z\sqrt{NK(K+1)/6} \quad [12]$$

Dónde:

LSD: diferencia mínima significativa

Z: Valor constante en función del nivel de significancia

N: número de evaluadores

k: número de muestras

Con lo que se considera que existen diferencias significativas entre las muestras si la diferencia entre las muestras es \geq LSD (diferencia mínima significativa). Este método permitió seleccionar la muestra que tuvo mayor intensidad de crocancia.

ANEXO 10.

PRUEBA DE ORDENAMIENTO APLICADA A PANEL ENTRENADO

PRUEBA DE ORDENAMIENTO POR PREFERENCIA

PANELISTA N°: _____

FECHA: _____

GÉNERO: F () M ()

EDAD: _____

Ud. recibirá 4 muestras de distintas combinaciones de arroz crocante. Por favor ordénelas según el orden de preferencia escribiendo el número de la muestra que más intensidad de crocancia tenga a la izquierda, siguiendo hacia la derecha con la que menos intensidad de crocancia tenga.

MÁS CROCANTE

MENOS CROCANTE

ANEXO 11.

ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA

Se utilizó 2.5 g de muestra en base seca en 30 ml de agua destilada en tubos de centrífuga a temperatura ambiente (25°C) y se agitó durante 30 minutos, se centrifugó a 2000 g por 10 minutos, obteniéndose un sobrenadante y un residuo o gel insoluble. En el sobrenadante, se determinó el contenido de sólidos solubles por evaporación en estufa a 105 °C y se calculó la solubilidad como el porcentaje de este peso respecto al de la muestra seca.

El índice de absorción de agua y el índice de solubilidad en agua se calculó a partir de las fórmulas 13 y 14.

$$ISA = \frac{Mre}{Ma} * 100 \quad [13]$$

$$IAA = \frac{Mrc}{Ma - Mre} \quad [14]$$

Dónde:

- ISA: índice de solubilidad en agua
- IAA: índice de absorción de agua
- Mre: masa del residuo evaporado
- Ma: masas de la muestra en base seca
- Mrc: masa del residuo del centrifugado

ANEXO 12.

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE GRASA EN HARINA DE ARROZ



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.8256

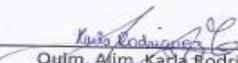
SA.9014b

Cliente:	OCAÑA DIEGO	Lote:	-----
Dirección:	ORQUIDEAS E12-46 Y ROSALES	Fecha Elaboración:	-----
Muestreado por:	CLIENTE	Fecha Vencimiento:	-----
Muestra de:	ALIMENTO	Fecha Recepción:	15-feb-13
Descripción:	HARINA DE ARROZ(MUESTREADO 14/02/2013)	Hora Recepción:	12:05
		Fecha Análisis:	18-feb-13
		Fecha Entrega:	20-feb-13
		Código:	-----

Color:	Característico
Olor:	Característico
Estado:	SOLIDO
Contenido Declarado:	500g
Contenido Encontrado:	500g
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA
GRASA	%	1,43	MFQ-02	AOAC 2003.06


Quim. Alim. Karla Rodríguez
JEFE DE DIVISION FISICO QUIMICO



RFQ-4.1-6 Página 1/1

Dirección: Cap. Edmundo Chiriboga N47-154 y Anibal Páez. - Télf. 2267895 - 099441402 - 098281144 - 087371064 - www.multianalityca.com
Quito-Ecuador

ANEXO 13.

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE GRASA EN PROTEÍNA DE SOYA



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.8255
SA.9014a

Cliente:	OCAÑA DIEGO	Lote:	-----
Dirección:	ORQUIDEAS E12-46 Y ROSALES	Fecha Elaboración:	-----
Muestreado por:	CLIENTE	Fecha Vencimiento:	-----
Muestra de:	ALIMENTO	Fecha Recepción:	15-feb-13
Descripción:	PROTEINA DE SOYA(MUESTREADO 14/02/2013)	Hora Recepción:	12:05
		Fecha Análisis:	18-feb-13
		Fecha Entrega:	20-feb-13
		Código:	-----

Color:	Característico
Olor:	Característico
Estado:	SOLIDO
Contenido Declarado:	500g
Contenido Encontrado:	500g
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA
GRASA	%	3,91	MFQ-02	AOAC 2003.06



Karla Rodríguez
Quim. Alm. Karla Rodríguez
JEFE DE DIVISION FISICO QUIMICO

ANEXO 14.

TABULACIÓN DE VALORES DE ACEPTABILIDAD OBTENIDOS A PARTIR DE LA PRUEBA POR ORDENAMIENTO.

MUESTRA CÓDIGO	A1B1 345	A1B2 641	A2B1 718	A2B2 291
<i>INTENSIDAD DE CROCANCIA</i>				
No. Panelista	MÁS CROCANTE		MENOS CROCANTE	
	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	1	4	3
3	2	3	4	1
4	3	2	1	4
5	1	3	2	4
6	3	4	1	2
7	2	4	1	3
8	2	3	1	4
9	1	2	4	3
10	3	1	2	4
11	2	3	1	4
12	3	2	1	4
13	1	4	2	3
14	2	4	1	3
15	3	2	4	1
16	2	4	1	3
17	1	4	2	3
18	3	4	2	1
19	2	4	1	3
20	4	2	3	1
21	1	4	2	3
22	3	4	1	2
SUMATORIA	47	66	44	63