

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERÍA



“DESARROLLO DE UN SNACK EXTRUÍDO A BASE DE MAÍZ
ENRIQUECIDO CON HARINA DE POTA (*Dosidicus gigas*) PRECOCIDA
Y DETERMINACIÓN DE SU VIDA ÚTIL”

Presentada por:

KARINA MERCEDES ESPINOZA CÓRDOVA

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO PESQUERO

Lima - Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

“DESARROLLO DE UN SNACK EXTRUÍDO A BASE DE MAÍZ
ENRIQUECIDO CON HARINA DE POTA (*Dosidicus gigas*) PRECOCIDA
Y DETERMINACIÓN DE SU VIDA ÚTIL”

Tesis para optar por el título de Ingeniero Pesquero

Presentada por:

KARINA MERCEDES ESPINOZA CÓRDOVA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado

M. Sc. Raúl Porturas Olaechea

Presidente

M. Sc. Tito Eduardo Llerena Daza

Miembro

*M. Sc. Rita Ann Mar Repo-Carrasco
Valencia*

Miembro

Mg. Sc. David Julián Roldán Acero

Asesor

Ing. Nancy Martinez Ordinola

Co-asesor

**Lima, Peru
2017**

DEDICATORIA

A mi familia.

Mi papá me enseñó que hagas lo que hagas, siempre tienes que ser el mejor.

Mi mamá me enseñó que las oportunidades en la vida se le presentan a las personas dispuestas a tomar riesgos.

Mi hermana Erika me enseñó a siempre estar en búsqueda de lo que amas hacer, siendo tu felicidad lo que verdaderamente debería importar en la sociedad.

Mi hermana Fabiola me enseñó que los sueños se vuelven realidad, siempre y cuando sueñes en grande.

Gracias por esas enseñanzas que no llegaron a mí por medio de palabras, sino con el ejemplo.

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. David Roldán, asesor de la presente investigación, gracias por el tiempo brindado, apoyo incondicional en el estructura y ejecución de la tesis y los amplios conocimientos transferidos.

Su reconocida dedicación a la investigación y su real preocupación por la desnutrición infantil de nuestro país fue y siempre será un ejemplo y motivación personal para continuar en este camino.

- A la Ing. Nancy Martinez, co-asesor de la presente investigación. Desde que participé de su curso en pre grado supe que mi investigación de tesis sería referente a vida útil de un alimento. Gracias por el apoyo y guía para lograr satisfactoriamente este logro.
- Al Ministerio de Educación y la Unidad de Investigación de la Universidad Nacional Agraria La Molina y Facultad de Pesquería por aperturar el PREMIO RECTORAL y de esta manera promover la investigación científica.

ÍNDICE GENERAL

Página

RESUMEN

SUMMARY

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA POTA	3
2.1.1 Consideraciones biológicas	3
2.1.2 Morfología y su composición física.....	5
2.1.3 Composición química	6
2.2 PESQUERÍA DE LA POTA.....	10
2.2.1 Biomasa.....	11
2.2.2 Desembarque	12
2.2.3 Producción.....	13
2.2.4 Ventas internas	16
2.2.5 Exportación	17
2.3 CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE PESCADO (CPP)	18
2.4 CEREALES Y LEGUMINOSAS EN LA ALIMENTACIÓN	22
2.5 REQUERIMIENTOS DE PROTEINAS EN LA ALIMENTACION.....	29
2.5.1 Importancia de los aminoácidos esenciales en la salud.....	30
2.6 SNACKS O BOCADITO.....	31
2.6.1 Definición.....	31
2.6.2 Clasificación.....	31
2.6.3 Cereales pre-cocidos.....	32
2.7 PROCESO DE EXTRUSION.....	33
2.7.1 Tipos de extrusores	34
2.7.2 Formadores de estructura en la cocción por extrusión	39
2.7.3 Factores que afectan la cocción durante el proceso de extrusión	40
2.7.4 Parámetros de evaluación del proceso de extrusión	42
2.8 VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS.....	44
2.8.1 Principales formas de deterioro de los alimentos.....	44
2.8.2 Estudio acelerado de vida útil.....	45
2.8.3 Cinética de deterioro.....	45

2.8.4	Modelo de Arrhenius	49
2.8.5	Limitaciones de los estudios de vida útil acelerado	50
2.8.6	Evaluación sensorial	51
2.8.7	Parámetros químicos	53
2.9	ENVASE.....	56
2.9.1	Definición.....	56
2.9.2	Polietileno.....	57
2.9.3	Polipropileno	57
a.	BOPP metalizado	57
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN	58
3.2	MATERIALES Y MÉTODOS	58
3.2.1	Materia prima	58
3.2.2	Materiales y equipos.....	58
3.3	MÉTODOS ANALÍTICOS	60
3.3.1	Análisis físico sensorial	60
3.3.2	Análisis químico proximal.....	61
3.3.3	Análisis microbiológico.....	61
3.3.4	Análisis estadístico	61
3.4	DETERMINACION DE LA VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO EXTRUIDO.....	63
3.5	PARTE EXPERIMENTAL.....	64
3.5.1	Selección de cuatro formulaciones teóricas para elaborar el snack extruido	66
3.5.2	Determinación de la humedad adecuada para la mezcla	67
3.5.3	Determinación de la velocidad adecuado del tornillo del extrusor.....	68
3.5.4	Determinación de la vida útil del snack extruido	69
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
4.1	MATERIAS PRIMAS	72
4.1.1	Análisis físico sensorial	72
4.1.2	Análisis químico proximal.....	75
4.1.3	Análisis microbiológico.....	77
4.2	PARTE EXPERIMENTAL.....	78
4.2.1	Selección de cuatro formulaciones teóricas para elaborar el snack extruido	78
4.2.2	Determinación de la humedad adecuada para la mezcla	86
4.2.3	Determinación de la velocidad adecuado del tornillo del extrusor.....	94
4.2.4	Determinación de la vida útil del snack extruido	101
V.	CONCLUSIONES	108
VI.	RECOMENDACIONES	110

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
VIII. ANEXOS	122

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Cuadro 1: Composición física de la pota.....	6
Cuadro 2: Composición química promedio del músculo de la pota.....	7
Cuadro 3: Contenido de aminoácidos en el manto de pota.....	8
Cuadro 4 : Contenido de ácidos grasos en el manto de la pota.....	9
Cuadro 5: Contenido de minerales en el manto de la pota.....	10
Cuadro 6 : Composición química según tipo de concentrado proteico de proteína para uso humano.....	19
Cuadro 7: Composición química proximal de la harina de pota precocida.....	22
Cuadro 8: Costo de algunas proteínas de origen animal.....	22
Cuadro 9: Composición química del arroz blanco corriente.....	24
Cuadro 10: Composición química de la polenta cruda de maíz.....	25
Cuadro 11: Composición química de la harina de Kiwicha.....	26
Cuadro 12: Composición química de la Quinua.....	27
Cuadro 13: Composición química de la harina de arveja.....	29
Cuadro 14: Patrón de requerimiento de aminoácidos según edad (mg de aminoácidos /gr de proteína).....	31
<i>Cuadro 15: Aminoácidos de algunos alimentos y HPP (mg de aminoácidos/ gr de proteína).....</i>	<i>33</i>
Cuadro 16: Variables más importantes que intervienen en el proceso de extrusión.....	35
Cuadro 17: Variables más importantes en el proceso de extrusión de alimentos.....	42
Cuadro 18: Temperaturas recomendadas para prueba acelerada de estabilidad.....	51
Cuadro 19: Secuencia de muestreo para análisis del snack extruido enriquecido con concentrado de proteínas de pota.....	70
Cuadro 20: Resultados del análisis sensorial de la harina de pota precocida.....	72
Cuadro 21: Resultado del análisis granulométrico de las materias primas empleadas.....	74
Cuadro 22: Resultados de los análisis de composición proximal realizada a las materias primas ...	76
Cuadro 23: Resultados del análisis microbiológico de la harina de pota precocida para consumo humano.....	78
Cuadro 24: Formulaciones teóricas.....	79
Cuadro 25: Composición química de las formulaciones teóricas seleccionadas.....	81
Cuadro 26: Porcentaje de calificación para cada snack extruido.....	82
Cuadro 27: Estadísticos descriptivos y prueba de Friedman de las formulaciones extruidas.....	83
Cuadro 28: Prueba de Wilcoxon para el atributo sabor y crocantes de las muestras extruidas.....	84
Cuadro 29: Humedad experimental de la mezcla y cantidad de agua para agregar a cada variante de las formulaciones a extruir.....	87
Cuadro 30 : Porcentaje de calificación para cada snack extruido.....	89
Cuadro 31: Estadísticos descriptivos y prueba de Friedman para cada snack extruido.....	90
Cuadro 32: Prueba de Wilcoxon para el atributo crocantes y aspecto de las muestras evaluadas.....	91

Cuadro 33: Índice de expansión y densidad aparente para cada formulación extruida	92
Cuadro 34: Velocidades del tornillo aplicadas al proceso de extrusión.....	94
Cuadro 35: Porcentaje de calificación para cada snacks extruido.....	96
Cuadro 36: Estadísticos descriptivos y prueba de Friedman para cada snack extruido	97
Cuadro 37: Prueba de Wilcoxon para el atributo sabor y crocantes para cada snack extruido.....	97
Cuadro 38: Resultados de las evaluaciones físicas para cada snack extruido	98
Cuadro 39: Análisis químico proximal teórico vs. real del snack extruido seleccionado	101
Cuadro 40: Calidad total y humedad del snack extruido a una temperatura de 18°C para cada semana de evaluación.....	103
Cuadro 41: Coeficientes de determinación de humedad del snack extruido	104
Cuadro 42: Valores de K y T de los snacks extruidos a distintas temperaturas	105
Cuadro 43: Parámetros para el cálculo de la vida útil del snack extruido	106

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Distribución y abundancia de la especie <i>Dosidicus gigas</i>	4
Figura 2: Pota (<i>Dosidicus gigas</i>)	6
Figura 3 : Características y funcionamiento de la muestra potera.....	11
Figura 4 : Valores anuales de biomasa	11
Figura 5: Desembarque del calamar gigante en el periodo del 2006-2015	13
Figura 6: Desembarque peruano de pota segregado según giro productivo durante el periodo de 2006-2015	14
Figura 7: Desembarque de recursos hidrobiológicos destinados al mercado nacional en presentación fresco 2016 (Enero - Septiembre).....	15
Figura 8: Ventas internas vs Precio mayorista 2016 (Enero - Septiembre).....	17
Figura 9: Proceso de extrusión de alimentos	36
Figura 10: Esquema que muestra las distintas zonas de un extrusor monotornillo	38
Figura 11: Curvas cinéticas de deterioro	49
Figura 12: Gráfico modelo Arrhenius	50
Figura 13 : Esquema estructural de film de polipropileno biorientado	57
Figura 14: Flujo general para la elaboración de un snack extruido.....	65
Figura 15: Puntaje promedio obtenido respecto a los atributos evaluados de cada formulación	82
Figura 16: Porcentaje de preferencia por muestras evaluadas	86
Figura 17: Puntaje promedio obtenido respecto a los atributos evaluados de cada muestra	88
Figura 18: Relación entre las evaluaciones físicas y la humedad de alimentación de las muestras M, MH ₁ y MH ₂	92
Figura 19: Relación entre las evaluaciones físicas y la humedad de alimentación de las muestras N, NH ₁ y NH ₂	93
Figura 20: Porcentaje de preferencia por muestras evaluadas	94
Figura 21: Puntaje promedio obtenido respecto a los atributos evaluados para cada uno de los snacks extruidos	95
Figura 22: Relación entre las evaluaciones físicas y la velocidad de tornillo de la extrusora	99
Figura 23: Porcentaje de preferencia por cada snack extruido.....	100
Figura 24: Gráfica de calidad total vs. Humedad del snack extruido a 18°C.....	103
Figura 25: Variación de la humedad del snack extruido con respecto al tiempo y temperatura de almacenamiento	104
Figura 26: Relación de la calidad total con la temperatura de almacenamiento.....	105

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tabla de análisis sensorial para harina de pota (<i>Dosidicus gigas</i>) precocida para consumo humano.....	122
Anexo 2: Especificaciones técnicas para los CPP	123
Anexo 3: Tabla del Test de valoración de calidad de Karlsruhe para un snack extruido a base de polenta cruda de maíz enriquecido con harina de pota precocida	124
Anexo 4: Cartilla de evaluación sensorial	126
Anexo 5: Análisis de varianza para todos los atributos	127
Anexo 6: Resultado de calidad total, humedad, actividad de agua, peróxido y mohos y levaduras del snack extruido a temperaturas de 35, 45 y 50°C durante 10 semanas de almacenamiento	142

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue obtener un snack extruido a base de polenta cruda de maíz enriquecido con harina de pota (*Dosidicus gigas*) precocida y otras materias primas, con la finalidad de que este cumpla los requerimientos de aminoácidos para niños de 10 a 12 años según lo reportado por WHO/FAO 1973. Se evaluaron inicialmente cuatro formulaciones teóricas, las cuales fueron extruidas según el siguiente flujo de proceso: recepción de la materia prima, pesado y mezclado, acondicionamiento de la mezcla, proceso de extrusión, enfriado, envasado a granel, envasado final en bolsa de polipropileno biorientado, sellado y almacenado. La formulación óptima final fue de 4% de HPP, 18.5% de Arroz, 60% de Polenta cruda de maíz, 15% de Harina Kiwicha y 2.5% de Leche en polvo. Asimismo, los parámetros adecuados para el proceso de producción del snack extruido fueron: humedad de la mezcla de 12.6% y velocidad de tornillo del extrusor de 150RPM. Físicamente cuenta con un índice de expansión de 3.3 y una densidad aparente de 66.76 g/l, además de tener una forma redonda con un diámetro promedio de 1.3cm, color crema y ausencia de olor y sabor al recurso pota. La composición química fue de 16.8% de proteína, 5.35% de humedad, 1.89% de grasa, 1.05% de fibra, 2.01% de ceniza y 61.31% de carbohidratos; además de presentar valores conformes respecto a las evaluaciones microbiológicas exigidas por la RM N°451-2006/MINSA. Finalmente, ya habiendo caracterizado física, química y microbiológicamente el snack extruido, se determinó la vida útil del mismo utilizando métodos acelerados de cinética química de deterioro de la calidad, definiéndose una reacción de orden cero y resultando en 15 semanas.

Palabras clave: snack, extruido, harina, pota, formulaciones, vida útil.

SUMMARY

The objective of the present investigation was to obtain an extruded snack based on raw corn polenta enriched with precooked Jumbo FlyindSquid (*Dosidicus gigas*) flour and other raw materials, in order that it meets the amino acid requirements for children from 10 to 12 years as reported by WHO / FAO 1973. Four theoretical formulations were initially evaluated, which were extruded according to the following process flow: receipt of the raw material, weighing and mixing, conditioning of the mixture, extrusion process, cooling, packaging in bulk, final packaging in bioriented polypropylene bag, sealed and stored. The final optimal formulation was 4% HPP, 18.5% Rice, 60% Polenta raw corn, 15% Flour Kiwicha and 2.5% Milk powder. Also, the parameters suitable for the production process of the extruded snack were: moisture of the mixture of 12.6% and screw speed of the 150RPM extruder. Physically it has an expansion index of 3.3 and an apparent density of 66.76 g / l, in addition to having a round shape with an average diameter of 1.3cm, cream color and absence of smell and flavor to the squid resource. The chemical composition was 16.8% protein, 5.35% moisture, 1.89% fat, 1.05% fiber, 2.01% ash and 61.31% carbohydrate; in addition to presenting conforming values regarding the microbiological evaluations required by RM No. 451-2006 / MINSA. Finally, since the extruded snack was characterized physically, chemically and microbiologically, the shelf life of the snack was determined using accelerated methods of chemical kinetics of quality deterioration, defining a zero order reaction and resulting in 15 weeks.

Key words: snack, extruded, flour, pota, formulations, shelf life.

I. INTRODUCCIÓN

La tendencia al consumo de alimentos nutritivos ricos en proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales va en aumento, es así que, los consumidores se interesan por cambiar sus hábitos alimenticios y al adquirir alimentos, de informarse de la composición nutricional y sus propiedades (Cáez, 2007). Por ello, se hace necesario buscar la diversificación en la presentación de los alimentos para atender los cambios en los hábitos de consumo en los últimos años.

Por otro lado, organizaciones internacionales como la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) mencionan que la causa principal de desnutrición crónica infantil es la dificultad para incluir proteína de alta calidad en la dieta.

En el Perú existen muchos recursos que se pueden aprovechar para la constitución de alimentos que tengan una base nutritiva importante, entre ellos se encuentran los recursos marinos, los cereales y granos andinos. Las nuevas tecnologías buscan mejorar los procesos de elaboración de alimentos para consumo humano, que sean más funcionales y nutritivos a la vez; es por ello que actualmente la utilización de cereales en procesos de extrusión viene desarrollándose con bastante éxito. (Osorio, 2009).

El proceso de extrusión de cereales y granos andinos es una alternativa adecuada para la alimentación y nutrición de niños, sin embargo, las mezclas utilizadas pueden ser mejoradas nutricionalmente; ello se podría lograr con la adición de proteínas de origen animal.

Las exigencias actuales del mercado conllevan la oferta de productos de la máxima calidad. Esto puede explicarse por el interés de los consumidores por el cuidado de su salud, lo que

los lleva a tomar precauciones para minimizar riesgos de contraer enfermedades por el consumo de alimentos contaminados, o de alimentos procesados. (Carrillo y Reyes, 2013). La determinación de la vida útil es de gran importancia para la industria de los alimentos, ya que es necesario asegurar al consumidor que va obtener la máxima calidad tanto sensorial, nutritiva y microbiológicamente de un producto durante un periodo de tiempo después de la compra, además de que la legislación obliga a tener esta información respaldada con un estudio científico.

La harina de pota (*Dosidicus gigas*) precocida, es un concentrado de proteína, que presenta adecuadas características sensoriales (Lazo 2006), que podría ser incluido en las formulaciones de estos extruidos con la finalidad de obtener un alimento que cumpla con los requerimientos de alimentación infantil. Por lo anterior, la investigación tiene por finalidad la elaboración de un producto extruido de cereales y granos andinos enriquecidos con harina de proteína de pota, de buena aceptabilidad y determinar su vida útil en almacenamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA POTA

2.1.1 Consideraciones biológicas

Álamo y Valdivieso (1987), señalan que la pota o calamar gigante presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Phyllum	:	Mollusca
Clase	:	Cephalopoda
Orden	:	Decapoda
Suborden	:	Theutoidea
Familia	:	Ommastrephidae
Género	:	Dosidicus
Especie	:	Dosidicus gigas
Nombre común	:	“pota”, “calamar gigante”, “jibia”
Inglés	:	Jumbo FlyindSquid

La pota es una especie de calamar que habita en el Océano Pacífico. Se encuentra entre los 37°-40° Lat. N. y los 45°-47° Lat. S., y llega hasta los 125°-140° Long. O. a la altura de la línea ecuatorial; y su dispersión longitudinal tiende a angostarse hacia los extremos latitudinales de su distribución (figura 1) (Nesis, 1983).

Es una especie euritérmica se encuentra en aguas de amplio rango de temperatura, entre 15 – 30 °C.

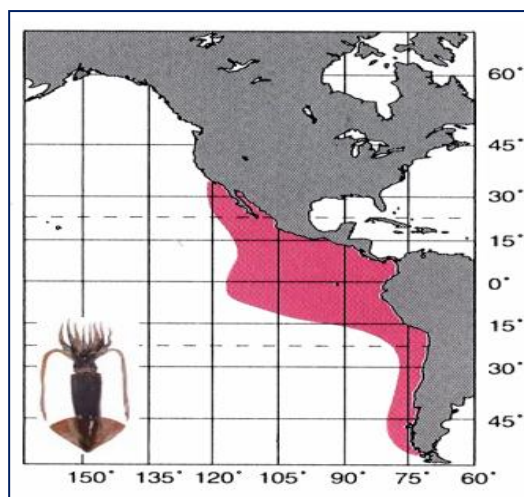


Figura 1: Distribución y abundancia de la especie *Dosidicus gigas*

FUENTE: Nesis, 1983

La pota tiene migraciones de regular extensión relacionadas con procesos de alimentación y desove. Esta especie es de hábitos pelágicos, ocupando las zonas alrededor del talud continental, entre la superficie y los 1200m de profundidad, llegando a medir 1.2 metros de longitud de manto (2 metros de longitud total) y a pesar hasta 50 Kg (Nesis, 1983).

El rango reproductivo de la especie se encuentra entre los 25° Lat. N. y los 15° Lat. S., principalmente entre los 50-150mn desde la costa, aunque éste puede extenderse hasta los 200-450 mn de la costa entre los 10° Lat. N. y los 10° Lat. S. (Nigmatullin et al., 2001). Las principales zonas de reproducción se encuentran sobre el talud continental en zonas adyacentes a aguas oceánicas. Sin embargo, las áreas de alimentación de los especímenes inmaduros o juveniles de esta especie tienden a ser más oceánicas (Nigmatullin et al., 2001; Alegre et al., 2014).

Los machos son los primeros en llegar a la zona de reproducción y en alcanzar la madurez. Respecto a la proporción sexual predominan las hembras. El cruzamiento tiene efecto en una posición de cabeza a cabeza; el macho transfiere los espermatozoides a la membrana bucal de la hembra, ya que varios receptáculos seminales están dispuestos alrededor de la boca. Es una especie mono-cíclica (con una sola reproducción durante su vida) y con evidencia de

desove a lo largo de todo el año, pero con dos picos importantes: uno en primavera y otro en verano. (IMARPE, 2009).

Adicionalmente, es un depredador nocturno, oportunista, voraz y muy activo (Nesis, 1983; Nigmatullin et al., 2001; Alegre et al., 2014), que se alimenta de peces teleósteos (principalmente como la *Vinciguerria lucetia*), otros cefalópodos (incluyendo el canibalismo de individuos de menor tamaño) y diversas especies de macro-zooplancton (Nesis, 1983; Nigmatullin et al., 2001; Bláskovic et al., 2008).

Esta especie tiene un metabolismo muy elevado (Rosa & Seibel, 2010). Por eso migra diariamente hacia las profundidades (800-1200 m bajo el nivel del mar) durante el día y se acerca a la superficie durante la noche (0-200 m de profundidad) (Nigmatullin *et al.*, 2001), profundizándose entre las 6 am y 6 pm (IMARPE, 2009). A altas profundidades, la baja temperatura e hipoxia reducen su metabolismo y así también sus requerimientos energéticos y de depredación (Rosa & Seibel, 2010). Más aún, la migración vertical de la especie ocurre en sincronía con la de sus presas, maximizando su habilidad para alimentarse de manera exitosa durante el atardecer y amanecer (Nigmatullin *et al.*, 2001). Cuando la longitud del manto (LM) es menor que 50 cm la dieta de la pota se basa principalmente en peces (52%), mientras que cuando la LM es mayor que 50 cm, la dieta se basa mayormente (53%) en calamares, evidenciando un comportamiento de canibalismo (IMARPE, 2009^a).

2.1.2 Morfología y su composición física

La pota presenta aletas romboidales, musculosas y anchas, su ancho ocupa el 49 - 65 % de la longitud del manto (LM), y su longitud 41 - 49 % de la LM (Marcial, 1996); mientras que en el extremo opuesto se encuentran la cabeza, boca, tentáculos y brazos. La boca de esta especie presenta un par de dientes que asemejan el pico de un perico y alrededor de ella se encuentran ocho tentáculos con ventosas y dos brazos contráctiles que utiliza para atrapar a sus presas, tal como se observa en la figura 2.

El manto de la pota, es un cuerpo en forma cilíndrica al que se le denomina comúnmente tubo, el cual cumple la función de envolver y proteger los órganos internos; siendo este la parte más importante de la especie para el consumo humano, por ejemplo, en platos culinarios, precocidos, congelados, procesados o derivados. (Markaida, 2006).

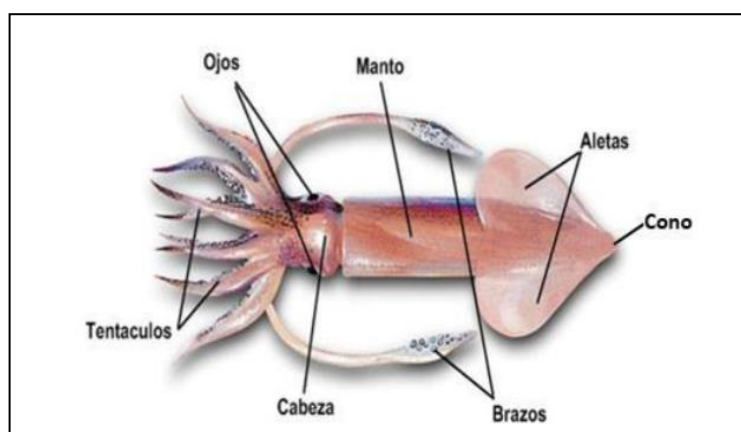


Figura 2: Pota (*Dosidicus gigas*)

FUENTE: Markaida *et al.*, 2004

La composición física se muestra en el cuadro 1:

Cuadro 1: Composición física de la pota

Componente	Promedio (%)
Cuerpo o tubo	49.3
Aleta	13.4
Tentáculos	21.4
Vísceras	15.4

FUENTE: IMARPE (2009^b)

2.1.3 Composición química

El Instituto Nacional de Salud (INS) del Ministerio de Salud del Perú, menciona que la pota ha adquirido mayor presencia en nuestra dieta. En cuanto a su valor nutritivo, es una

excelente fuente de proteínas de alto valor biológico que contiene todos los aminoácidos esenciales. Su contribución en grasas es baja, por lo que su aporte en calorías, también lo es. Además, contiene vitaminas B, fundamentales para el metabolismo, el mantenimiento del sistema nervioso central, del aparato digestivo y la piel. Presenta minerales como el fósforo, potasio y magnesio, que ayudan a la formación de huesos y dientes. Además, la pota contiene Taurina, un aminoácido que regula la presión sanguínea, disminuye la formación de coágulos en las venas, mejora la visión y visibilidad nocturna y actúa como antioxidante. (Córdova, J. 2016).

Su composición química depende del sexo, tamaño, alimentación, localización y temporada de captura, etc. Con respecto a su composición, es alta en proteínas y baja en grasas. Igualmente, contiene vitaminas como B3 y B12. Sus componentes minerales más abundantes son fósforo, potasio, sodio y magnesio (Armenta, 2006). En la pota predominan las grasas que tienen propiedades positivas y que contribuyen a reducir los niveles de colesterol en la sangre (Ibarra, 2006).

La composición química del músculo de la pota se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2: Composición química promedio del músculo de la pota

Componente	Maza (2002)	Ibarra et al (2006)	Rosas (2007)
Humedad	82.4	85.32	83.78
Proteína	16.2	11.5	14.3
Grasa cruda	0.71	0.48	0.43
Ceniza	1.41	0.92	1.13
Carbohidratos	0.0	1.86	0.0

FUENTE: Maza (2002), Ibarra (2006), Rosas (2007)

La pota concentra todos los aminoácidos esenciales requeridos por el cuerpo humano, lo que lo hace aún más atractivos respecto a sus propiedades nutricionales. El cuadro 3 muestra el contenido de aminoácidos presentes en el manto de la pota.

El contenido de ácidos grasos en la pota está representado por dos de los ácidos poliinsaturados omega 3 docosahexenoico (46.9%) y eicosapentenoico (16.7%). Asimismo, tiene un nivel considerable (19.9%) de ácido palmítico (IMARPE/ITP, 1996).

Cuadro 3: Contenido de aminoácidos en el manto de pota

Aminoácidos (mg/g de proteína)	Manto de pota
Isoleucina	56.0
Leucina	92.2
Metionina + Cistina	82.4
Lisina	92.2
Fenilalanina + Tirosina	44.3
Treonina	47.8
Triptófano	11.0
Valina	50.2
Histidina	24.5

FUENTE: Roldán y Lazo, 2007

El cuadro 4, muestra el contenido de ácidos grasos presentes en el manto de la pota.

Cuadro 4 : Contenido de ácidos grasos en el manto de la pota

ACIDOS GRASOS		%
C18:0	Octadecanoico	3.50
C18:1	Octadecenoico	4
C18:2	Octadecadecenoico	Traza
C20:0	Eicosanoico	6.40
C20:3	Eicosatrienoico	0.20
C20:5	Eicosapentaenoico	16.7
C22:3	Docosatrienoico	0.20
C22:4	Docosatetraenoico	0.30
C22:5	Docosapentaenoico	0.20
C22:6	Docosahaexenoico	46.90

FUENTE: IMARPE - ITP (1996)

En cuanto al contenido en minerales, los más abundantes son el fósforo, potasio y magnesio, cuyas funciones principales son la formación de huesos y dientes, síntesis proteica, producción de ATP (molécula que almacena energía), regulación del equilibrio ácido-base, formación de músculo, contracción-relajación muscular, entre otras. (Córdova, 2016)

En el cuadro 5 se muestran los componentes de minerales de la pota y sus proporciones.

Cuadro 5: Contenido de minerales en el manto de la pota

Macroelemento	mg/100g
Sodio	198.2
Potasio	321.9
Calcio	9.1
Magnesio	45.6
Microelemento	mg/100g
Hierro	0.8
Cobre	1.4
Cadmio	0.2
Plomo	0.2

FUENTE: IMARPE - ITP (1996)

2.2 PESQUERÍA DE LA POTA

La actividad pesquera en el Perú explota un conjunto de recursos naturales renovables que cohabitan en el Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt (GEMCH), tal vez el más rico del mundo en cuanto a volúmenes de pesca (Chávez et al., 2008; FAO, 2014a).

La pesquería de pota o calamar gigante – *Dosidicus gigas* – es la segunda pesquería más importante del Perú, tanto en términos de volumen de captura, como en términos de valor exportado (PRODUCE^a, 2015). En aguas peruanas se viene realizando desde 1991, con la participación de una flota industrial de bandera extranjera que operó hasta el 2011, y una flota artesanal nacional que viene operando desde 1999. (IMARPE, 2015).

En el Perú, en la actualidad y desde comienzos del siglo XXI, la pota es capturada principalmente por la flota artesanal, cuya actividad se realiza con embarcaciones de hasta de 32.6 m³ de capacidad de bodega y hasta 15 metros de eslora, en la que se utiliza un

aparejo denominado “muestra potera”, que es una variación de la pinta que consiste en la utilización de una corona con varias púas o en forma de “J” en lugar del anzuelo (Figura 3).

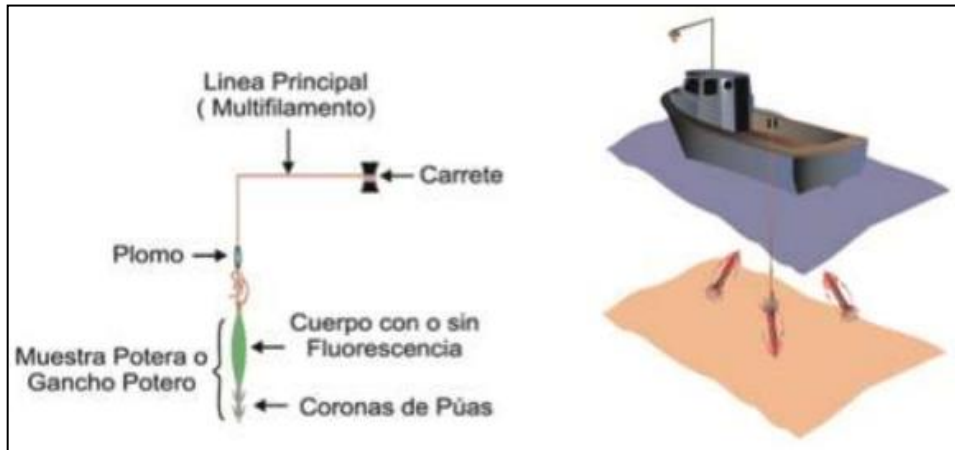


Figura 3 : Características y funcionamiento de la muestra potera

FUENTE: De Lucio *et al.* 2013

2.2.1 Biomasa

La tendencia de la biomasa actual estimada con el modelo dinámico de biomasa desarrollado en el 2015 indica que el stock en el área de distribución frente a la costa peruana desde 1999 al 2015, presenta una ligera tendencia descendente a partir del 2000 hasta el 2015. El rango de variación de los valores de biomasa está entre 2,5 (1999) y 3,9 (2002) millones de toneladas (figura 4).

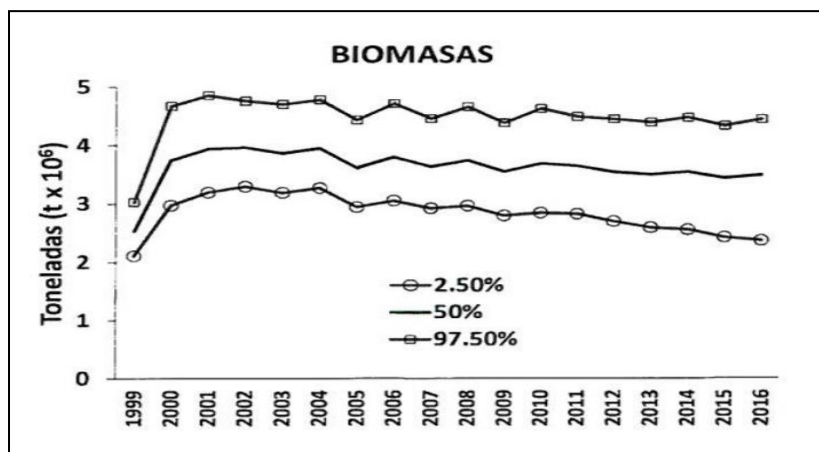


Figura 4 : Valores anuales de biomasa

FUENTE: IMARPE, 2015

Durante el 2015 la abundancia y estructura poblacional no han presentado cambios significativos respecto a los últimos años. Esto quiere decir que todavía predominan ejemplares de gran tamaño y de madurez tardía, no solo a lo largo de nuestro litoral sino también frente a las costas de Chile.

Según Nigmatullin et al. (2001), este grupo de ejemplares de tamaño grande y de madurez tardía suelen encontrarse en los extremos de su distribución, pero cuando existen buenas condiciones ambientales (mayor productividad) este grupo es abundante a bajas latitudes en el hemisferio sur de su área de distribución (IMARPE, 2015).

Los cambios espaciales y temporales de distribución y abundancia del *D. gigas* no son bien entendidas aún. No se conoce bien que factores ambientales determinan su mayor o menor abundancia. Sin embargo, si se puede decir que periodos con grandes anomalías negativas o positivas de la temperatura superficial del mar afectan su abundancia y distribución (Waluda et al, 2006).

Esta especie es muy difícil de evaluar debido a que cuenta con una pobre reflectividad acústica y presenta una muy alta variabilidad en relación al tamaño/edad de madurez sexual (Argüelles et al., 2008).

2.2.2 Desembarque

Desde 1991, la pota es la principal especie de invertebrado capturada a nivel nacional; y a partir del 2006, las capturas peruanas de pota representan más del 45 % (llegando al 60%) de los desembarques mundiales de la especie y el 10.57% de los desembarques totales del Perú (PRODUCE, 2015).

Tanto es así que en los diez años para los que se cuenta con información del PRODUCE (2006- 2015), el desembarque anual promedio de pota ha sido 438.6 ± 58.51 miles de TM. (figura 5).

2.2.3 Producción

En la actualidad los desembarques de pota son dirigidos principalmente hacia las plantas congeladoras (89.44% del desembarque total anual de la pota del 2015) y al mercado nacional en donde se comercializa como producto “fresco” (figura 6).

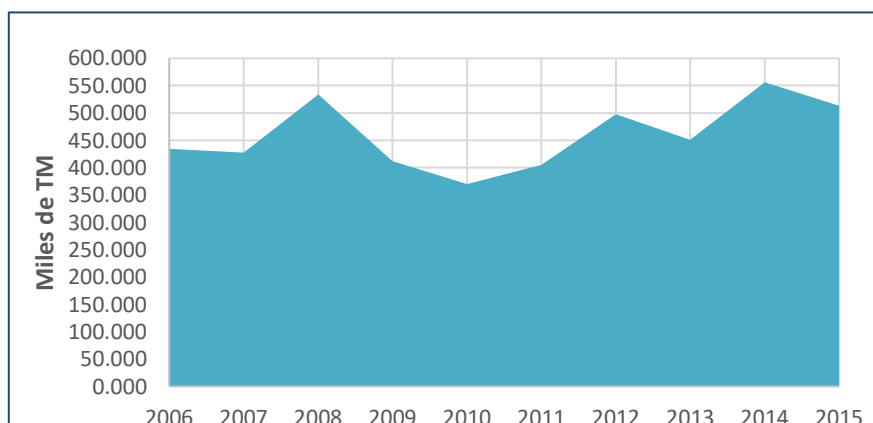


Figura 5: Desembarque del calamar gigante en el periodo del 2006-2015

ELABORACIÓN PROPIA

En las plantas congeladoras se desarrollan diversos productos con fines de exportación que incluyen a la “daruma”, y diversos cortes o partes de la pota (tiras, anillas, tentáculos rabas, botones, alas, y tubos), pre-cocidas o deshidratadas dependiendo del mercado, y congeladas en bloques, en bolsas al vacío o sueltas (PROMPERU, 2015)

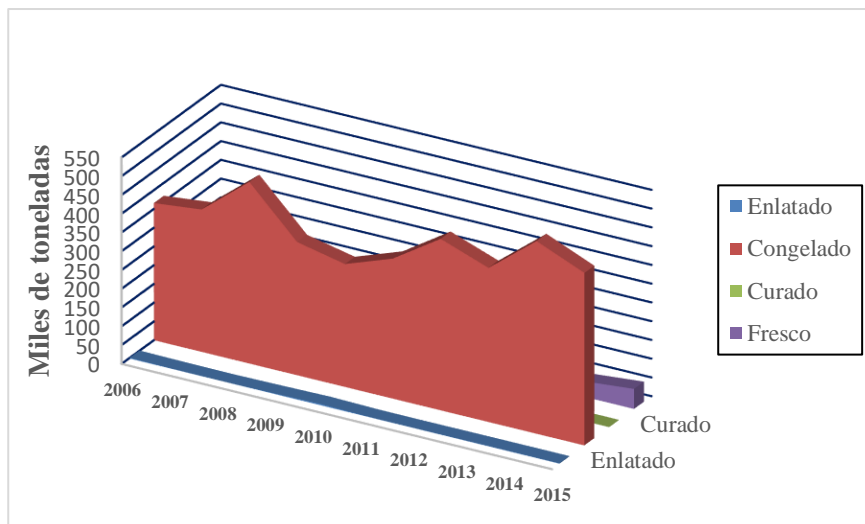


Figura 6: Desembarque peruano de pota segregado según giro productivo durante el periodo de 2006-2015

ELABORACIÓN PROPIA

La pota no solo fue el reemplazo de la merluza como principal especie aprovechada por la industria congeladora en el Perú, sino que su gran abundancia fue también uno de los principales factores que fomentó el incremento de la capacidad de procesamiento de esta industria a nivel nacional (Sueiro y De la Puente et al. 2013).

El destino de los desembarques poteros hacia la producción de curados (seco salado o salpreso) no ha sido registrado por PRODUCE y el de conservas (enlatados) es muy limitado, casi nulo (figura 6). De hecho, en el año 2015 tan solo 863 toneladas de pota se destinaron a la producción de enlatados, un volumen insignificante si se toma en cuenta que en ese mismo año los desembarques de pota superaron las 500 mil toneladas a nivel nacional (PRODUCE, 2015).

El fresco es la segunda presentación más importante después del congelado (figura 6). La pota es eviscerada en alta mar, perdiendo alrededor del 15% de su peso y luego es lavada en los puntos de desembarque a lo largo del litoral, donde se estiba en cajas con hielo y se lleva hacia los mercados mayoristas y minoristas de pescado del país (Sueiro & De la Puente, 2013). No obstante, parece que este mercado se encuentra hasta cierto punto saturado, pues

la demanda y producción de pota fresca ha crecido muy poco durante la última década a pesar del incremento pronunciado de los desembarques de pota entre el 2006-2015 (figura 6); en los diez años para los que se cuenta con información del PRODUCE (2006- 2015), el desembarque anual promedio de pota en presentación fresco ha sido 46.28 ± 9.76 miles de TM.

Cabe notar que, en el 2015, el desembarque de pota destinada al mercado nacional en presentación “fresco” fue de 53 384 TM, menor en comparación al desembarque de la anchoveta (102 000 TM), bonito (84 482 TM) y mayor que el de merluza, perico, de caballa, de jurel y de liza (56 286 TM, 31 625 TM, 24 009 TM, 17 801 TM y 13 955 TM respectivamente). Esto muestra que la pota es un producto relativamente importante en el consumo interno de pescado (PRODUCE, 2015).

Siguiendo la tendencia mencionada se tienen los datos del año 2016 en el periodo Enero-Septiembre, los cuales corresponden a un desembarque de pota en presentación congelado que representa un 51.31%, en fresco un 11.99% y en enlatado un 0.37%, del total de recursos hidrobiológicos extraídos siento el desembarque de pota en estado fresco para dicho periodo de (40 581 TM), menor en comparación al desembarque del bonito (54 863 TM) y mayor que el de merluza, anchoveta, caballa, perico, liza y jurel (29 325 TM, 20 TM, 19 544 TM, 11 717 TM, 11 401 TM y 10497, respectivamente) (figura 7).

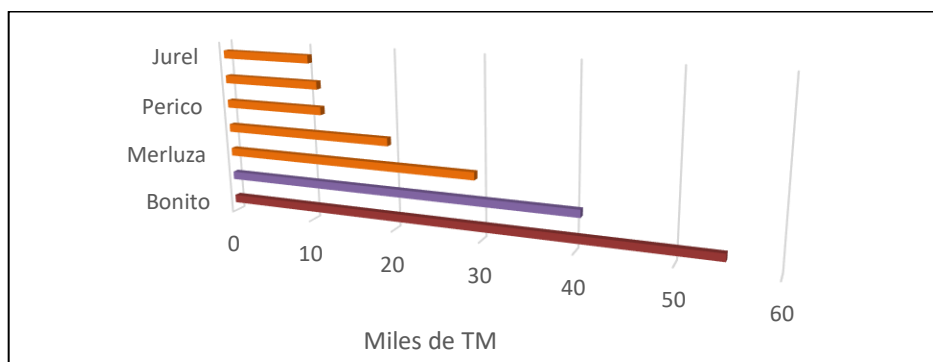


Figura 7: Desembarque de recursos hidrobiológicos destinados al mercado nacional en presentación fresco 2016 (Enero - Septiembre)

ELABORACIÓN PROPIA

2.2.4 Ventas internas

Las principales vías de abastecimiento de recursos pesqueros a nivel nacional son los mercados mayoristas de pescado (Christensen et al., 2014). En Lima, la comercialización mayorista de recursos marinos se da mediante los terminales pesqueros (TP) de Villa María del Triunfo y de Ventanilla, los cuales concentraron el 4.19% del total de los desembarques nacionales comercializados en mercados mayoristas durante el año 2015 (PRODUCE, 2015), casi exclusivamente bajo la presentación en fresco-refrigerado. Dentro de las especies comercializadas, la pota es la principal especie dentro de la categoría de mariscos (invertebrados) (Del Carpio & Vila, 2010). Este recurso representa el 12.55% del volumen total de recursos marinos comercializados en el TP Ventanilla y al 15.5% en el caso del TP Villa María del Triunfo (PRODUCE, 2015).

Para el año 2016 en el periodo Enero - septiembre el precio al cual se comercializó la presentación fresco de la pota (figura 8) conto con un promedio anual de S/. 2.58 por kilo, siendo menor al de las especies antes mencionadas (S/ 5.08 soles el kilo de bonito).

Estos datos sobre volúmenes comercializados en el mercado interno y precios de venta llevan de forma natural a preguntarse ¿por qué no se vende más pota en el mercado nacional? Asimismo, es importante preguntarse ¿por qué si se subsidia la exportación de pota (drawback), no se promueve el consumo y la comercialización de la pota en el mercado interno?

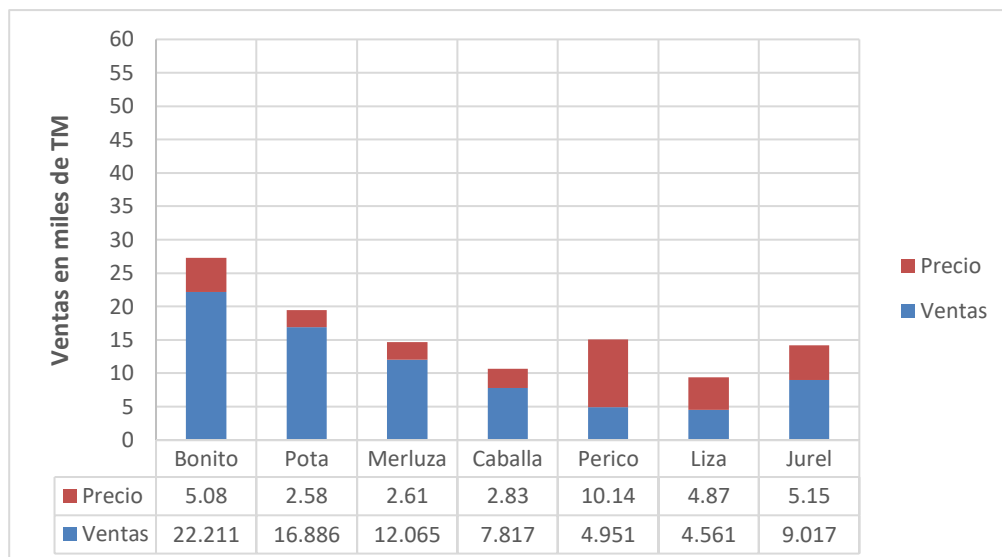


Figura 8: Ventas internas vs Precio mayorista 2016 (Enero - Septiembre)

ELABORACIÓN PROPIA

2.2.5 Exportación

En el Perú, las exportaciones de pota han crecido de manera significativa en las últimas dos décadas. Las exportaciones de este recurso se realizan en distintas presentaciones, incluyendo: congelados, conservas y harina.

En el 2015, las exportaciones de pota alcanzaron los US\$ 333 742.14 millones, en donde el principal giro de exportación agrupó a productos congelados (99.9913%), seguido por la harina de pota (0.0084%) y los enlatados de dicho recurso (0.0003%) (PROMPERU, 2015).

Respecto a las presentaciones tenemos que las exportaciones de pota congelada disminuyeron en 31% en valor con respecto al año 2014, pasando de 484.3 millones de dólares a 335.8 millones de dólares. Este decrecimiento estaría basado en una reducción del precio promedio del recurso sumado a una disminución de la disponibilidad del recurso durante el 2014 originando un decrecimiento en términos de volumen exportado de -6.34%, pasando de 293 mil toneladas a 275 mil toneladas. (PROMPERU, 2015).

En el 2015, las exportaciones de harina de pota alcanzaron los US\$ 28.2 millones, creciendo las exportaciones de este producto 35% en valor y 33% en volumen. Este se sustenta en el hecho de que el precio de venta se mantiene alto desde el año 2013. (PROMPERU, 2015).

Las exportaciones de conservas de pota han presentado una tendencia negativa desde el año 2011. Sin embargo, para el año 2015 registraron un incremento de en 24% en peso y 20% en valor, lo que totalizó un monto de 878 mil dólares. (PROMPERÚ, 2015).

En el Perú se concentra una gran parte de su biomasa a nivel mundial. A pesar de que se estudia a esta especie desde inicios de la década de los 90s, aún persisten muchos vacíos en el conocimiento de ésta, principalmente en función a la existencia de diversos stocks, o inclusive subespecies, a su dinamismo poblacional y la relación de éste con cambios en los factores abióticos y bióticos del ecosistema. A manera de resumen la pota es una especie de muy rápido crecimiento y de vida corta. Esta especie presenta una muy alta tasa metabólica que lo convierte en un voraz depredador generalista que realiza migraciones verticales durante el día (Paredes et al., 2014).

2.3 CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE PESCADO (CPP)

San Pedro y López-Benito (1979) mencionan que una manera de aprovechar los recursos pesqueros con diferentes presentaciones que puedan llegar con mayor facilidad al mercado consumidor es la elaboración de concentrados de proteína de pescado, producto estable y adecuado para el consumo humano, cuya concentración de proteína se incrementa por la extracción de agua, grasas, espinas y otros materiales.

Suzuki (1987) define a los concentrados proteicos de pescado de la siguiente manera: harina de pescado que va a ser utilizada como alimento, se obtiene con métodos higiénicos a partir de grandes cantidades de especies heterogéneas.

La definición más simple de concentrado proteico de pescado es la propuesta por Madrid et al. (1994): los concentrados proteicos de pescado son básicamente harinas de pescado aptas para el consumo humano. La tecnología de producción del concentrado de proteína de pescado para consumo humano, requiere un tratamiento adecuado de la harina, capaz de extraer el alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados y aminas alifáticas que dan lugar a posteriores enranciamientos con producción de olor y sabor desagradables.

En la conferencia de Washington de 1961 (WHO/FAO/ UNICEF Protein Advisory Group) se establecieron tres tipos de concentrado de proteína para uso humano (cuadro 6):

Cuadro 6 : Composición química según tipo de concentrado proteico de proteína para uso humano

Tipos	Humedad %	Grasa %	Proteína %	Lisina en 100gr de proteína
FAO - A	Máx. 10,0	Máx. 0,75	Mín. 67,5	Mín. 6,5
FAO - B	Máx. 10,0	Máx. 3,00	Mín. 65,0	Mín. 6,5
FAO - C	Máx. 10,0	Máx. 10,0	Mín. 60,0	Mín. 6,5

FUENTE: WHO/FAO/ UNICEF Protein Advisory Group, Washington 1961

El concentrado de proteína de pescado Tipo A es un polvo sin olor ni sabor que puede ser utilizado hasta en un 10% en la composición de los alimentos familiares sin reducir su aceptabilidad. El concentrado de Tipo B es una harina de la cual la mayor parte de la grasa ha sido extraída, pero tiene un aroma moderado que se percibe en alguna medida en la mayor parte de los alimentos a los cuales se añade. Finalmente, el concentrado Tipo C, con un contenido de grasa de hasta 10,0%, tiene un olor y aroma fuertemente característicos y constituye el producto comercial conocido como harina de pescado. (G, San Pedro y M. López-Benito, 1979).

De aquí la existencia de los métodos habituales empleados en la fabricación de concentrado de proteína a partir del pescado, no extraído con disolventes (CPP tipo B) o extraído con

disolventes orgánicos a distintas temperaturas, así como tratamientos ácidos o básicos, encaminados a eliminar la humedad y sustancias grasas de la materia prima (CPP tipo A), siendo este último más puro que el tipo B. (Lazo, 2006).

Los dos son altamente nutritivos, pero mientras que el tipo B carece de palatabilidad, el tipo A es demasiado caro para suplementar la deficiencia proteica de las regiones del mundo más pobres.

La harina de pota precocida es un producto a base de la fracción muscular de la pota, concentrado de proteína en polvo para consumo humano directo, presenta un valor biológico del 90% con un contenido de 86% de proteína y 3% de grasas (40% de las cuales son omega 3 y 6). Se elabora sin el uso de solventes ni agentes químicos de ninguna especie (Lazo, 2006).

Lazo (2006) desarrolló una tecnología sencilla y de bajo costo para la obtención de la harina de pota precocida para consumo humano directo, con buenas características sensoriales y nutricionales, para su posterior uso como un insumo en la elaboración de alimentos, cuyo principal aporte a estos sería las proteínas.

Rojas (2009) estudio sobre la toxicidad de la harina de pota precocida y demostró con el ensayo de toxicidad oral del reglamento de las comunidades europeas, que el consumo de este producto elaborado en la UNALM, no produce efectos negativos que puedan atribuirse a efectos tóxicos.

El flujo de elaboración fue: recepción de materia prima (manto de pota), limpiado, cortado, lavado tres veces en agua, pre cocido (a 85 °C por 10 minutos), molido1 (criba 5 mm), lavado 4 veces en agua a temperatura ambiente, centrifugado, deshidratado (con aire caliente a 65 °C por dos horas), molido fino (pulverizado) y envasado (Lazo, 2006).

La harina de pota precocida sensorialmente presenta sabor neutro y olor ligero a marisco. Roldán (2002) reportó que la harina de falso volador, presentó características sensoriales de CPP tipo B, es decir, con ligero olor y sabor residual de pescado. Asimismo, indica que esas características pueden pasar desapercibidas fácilmente al mezclarse con otros ingredientes en caso de ser utilizado como insumo para alimentos enriquecidos.

Autret (1978) mencionado por Bourgeois y Le Roux (1986), indica que los concentrados sin sabor a pescado se pueden utilizar en algunos países del tercer mundo para complementar la alimentación de niños pequeños (caldos, purés, cereales, etc.) y para enriquecer los alimentos básicos de poblaciones donde el pescado no es apreciado (pan, pastas alimenticias, harina de cereales).

La composición química de la harina de pota precocida se muestra en el cuadro 7.

La harina de pota precocida fue elaborado con el propósito de obtener fuentes proteicas más baratas en comparación con las fuentes tradicionales provenientes de huevo y leche, las cuales son utilizadas por los Programas Sociales Alimentarios para combatir la desnutrición en nuestro país.

En el cuadro 8 se muestran los costos de diversas fuentes de proteína animal (octubre 2017) por 100 g de proteína de materia seca en el mercado peruano.

Cuadro 7: Composición química proximal de la harina de pota precocida

COMPONENTE	%
Proteína	86.04
Grasa	2.70
Ceniza	4.96
Humedad	6.30
*Fibra	0.35

FUENTE: Lazo (2006)

2.4 CEREALES Y LEGUMINOSAS EN LA ALIMENTACIÓN

Los cereales son semillas de plantas y en la mayor de parte de los casos, aunque con algunas excepciones, pertenecen a la familia de las gramíneas. Son plantas anuales, es decir que han de plantarse cada año y al final del verano ya que una vez han producido semillas maduras se mueren (Muller y Tobin, 1986).

Cuadro 8: Costo de algunas proteínas de origen animal

Proteína animal	Costo por Kg	Humedad %	Materia Seca (MS)	Costo por 100 g de proteína de MS
Leche fresca	2.5	87.60	12.40	7.35
Leche en polvo	8.00	2.9	97.10	3.08
Carne de res	10.00	68.70	31.30	4.69
Carne de ave	5.50	64.40	35.60	3.13
Huevos	3.80	74.80	25.20	3.02
Carne de pescado	1.00	75.00	25.00	0.56
Carne de pota	0.50	87.80	12.20	0.47

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Al igual que todas las semillas, los cereales tienen gran aporte nutricional ya que contienen todos los nutrientes que el embrión de la planta necesita para empezar a crecer, en este grupo se encuentran el arroz, maíz, kiwicha, maca, quiwicha, etc (Muller y Tobin, 1986).

Por otro lado, las leguminosas constituyen un extraordinario grupo de plantas con flor y su fruto es una vaina que contiene de 2 a 6 semillas. En primer lugar, un grupo rico en proteínas y aceite, en el que figuran la soya, y el cacahuete, y en segundo lugar un grupo que comprende los tipos de leguminosas con un contenido medio de proteínas y bajo de aceite, en este grupo se encuentran el frijol, lenteja, arveja y otros, este grupo de leguminosas son muy importantes para el alimento humano (Muller y Tobin, 1986).

Arroz (*Oryza sativa*)

Reque (2007) menciona que el arroz es una planta de la familia Poaceae, cuyo cultivo empezó hace casi 10,000 años, en muchas regiones húmedas de Asia Tropical y sub tropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundan los arrozales silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Su nutriente principal son los hidratos de carbono, algo de proteínas (7%), y en estado natural bastantes vitaminas y minerales.

Características para su siembra: (1) Temperatura: se suele sembrar a una temperatura que oscila entre los 22° y 26° C, para ello se debe contar con una buena luminosidad. (2) Humedad relativa: varía entre 70% y 80% (floración). (3) Suelos: los suelos para su siembra deben ser de textura fina, arcilla (40%) con un pH aproximado entre 5,0 y 8,0

En el cuadro 9 se muestra la composición química del arroz blanco corriente.

Maíz (*Zea mays*)

El maíz ha sido, desde hace muchos años, uno de los productos más importantes en la dieta latinoamericana (Estévez et al., 2003). En cuanto a la alimentación humana, el maíz es el

tercer cereal en importancia, después del trigo y el arroz; sin embargo, posee un contenido proteínico relativamente bajo y una composición de aminoácidos esenciales desfavorable (Gutiérrez et al., 2008).

Cuadro 9: Composición química del arroz blanco corriente

Código: A, 3	
Nombre del alimento: Arroz blanco corriente	
Energía (Kcal)	358
Agua (g)	13.4
Proteína (g)	7.80
Grasa total (g)	0.7
Carbohidratos totales (g)	77.6
Fibra cruda (g)	0.4
Cenizas (g)	0.5
Calcio (mg)	6
Fosforo (mg)	134
Hierro (mg)	1.04

FUENTE: CENAN del Instituto Nacional de Salud (2009)

El maíz es utilizado para consumo humano, alimento de ganado y elaboración de almidón, jarabes, azúcar, cerveza, whisky. 100 g de maíz proveen 9g de proteína (Repo-Carrasco, 1998).

Es generalmente conocido que el maíz normal tiene un elevado contenido de carbohidratos (73 %), mientras que el contenido de proteínas es significativamente menor (7 al 9 %), con un bajo nivel de aminoácidos indispensables principalmente la lisina con 1.6 % y triptófano con 0.47 % necesarios para el desarrollo humano; mientras que el maíz de alta calidad proteínica (QPM) contiene en promedio 3.1 % de lisina y 1 % de triptófano (Pérez-Navarrete et al., 2006).

Polenta cruda de maíz

El flujo de la polenta cruda de maíz es el siguiente: Recepción de los granos de maíz, selección y limpieza, molienda y tamizado (Pilco, 2011).

La composición química de la polenta cruda de maíz se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10: Composición química de la polenta cruda de maíz

Código: A, 43	
Nombre del alimento: Polenta cruda de maíz	
Energía (Kcal)	322
Agua (%)	13.3
Proteína (%)	8.3
Grasa total (%)	1.2
Carbohidratos totales (%)	74.0
Fibra cruda (%)	1.2
Cenizas (%)	3.2

FUENTE: CENAN del Instituto Nacional de Salud (2009)

Kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*)

El amaranto pertenece a la familia de las amarantáceas. Actualmente se cultiva en América Central, América del Sur, África, Asia y Europa. Debido a su atractiva composición química y elevado valor nutritivo, se considera importante fomentar su producción, industrialización y utilización a mayor escala. El valor nutricional del amaranto es comparable con la caseína, con una digestibilidad del 80-90 %, contenido proteico alto (12,8 % a 17,4 %), fracción grasa de 5,6-10,6 % y contenido de almidón superior al 60 %. Su contenido de aminoácidos es destacable, ya que cumple con los requerimientos para la nutrición humana, según la FAO/WHO, con niveles relativamente altos de lisina (Puntieri y Apro, 2004).

Harina de kiwicha

La obtención de la harina sigue el siguiente flujo de proceso: recepción de materia prima, limpieza, lavado por 25 minutos a 50 °C, secado por 10 hr 45 °C hasta humedad menor a 11%, selección y tamizado (Pilco, 2011). El cuadro 11 muestra la composición química de la harina de Kiwicha.

Cuadro 11: Composición química de la harina de Kiwicha

Energía (Kcal)	337
Carbohidratos totales (g)	61.50
Proteína (g)	15.80
Humedad (g)	12.00
Grasas totales (g)	7.10
Fibra cruda (g)	2.5
Ceniza (g)	2.4
Calcio (mg/100g)	236
Fósforo (mg/100g)	453
Hierro (mg/100g)	7.5

FUENTE: Collazos (1996)

Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)

El grano de quinua posee cualidades nutritivas bastante resaltantes. Estas cualidades radican principalmente en la calidad de su proteína, tanto en el cómputo aminoacídico como en el valor biológico que esta presenta. Su fracción lipídica es también importante, debido a la presencia de varios ácidos grasos esenciales (Repo-Carrasco 1998).

En la actualidad, el Perú es el país donde más se cultiva la quinua y donde se ha seleccionado una serie de variedades (Tapia, 1997).

El grano de quinua no es un alimento excepcionalmente alto en proteínas, aunque supera en este nutriente a los cereales más importantes como el trigo, la cebada, el maíz y el arroz.

El verdadero valor de la quinua está en la calidad de su proteína, es decir, en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, que le otorgan un alto valor biológico (Tapia et al, 1979)

El cuadro 12 muestra la composición química de la quinua

Cuadro 12: Composición química de la Quinua

Energía (Kcal)	346
Agua (g)	11.1
Proteína (g)	13.3
Grasa total (g)	6.1
Carbohidratos totales (g)	67.1
Fibra cruda (g)	5.1
Cenizas (g)	2.4
Calcio (mg)	120
Fosforo (mg)	165
Hierro (mg)	4.31

FUENTE: CENAN. Instituto Nacional de Salud. (2009)

La lisina es el aminoácido limitante en la mayoría de los cereales. La quinua contiene aproximadamente el doble de lisina que el trigo, lo que la hace nutricionalmente mejor (Valencia, 1993).

Ruales y Nair (1994) afirman que las remociones de las saponinas aumentan la digestibilidad in vitro de las proteínas un 7% y procesos como la extrusión incrementan el valor del PER.

Arveja (*Pisum sativum*)

La arveja también es conocida como chicharro, guisante o petit pois, son conocidas en casi toda América, es un cultivo de gran importancia desde el punto de vista nutricional, pues sus frutos son ricos en proteínas (18-30 %), vitaminas y sales minerales. La arveja es deficiente en metionina y su aminoácido limitante es el triptófano, sin embargo, su alto contenido de lisina le permite ser un complemento adecuado para otros alimentos deficientes de aminoácidos (Rockland, 1981)

Su cultivo data desde hace muchos años y la región de la sierra es la más adecuada para esta especie, destacando los departamentos de Junín, Huánuco y Ayacucho en la zona centro; Cajamarca, Ancash y La Libertad en el Norte, Arequipa y Cuzco en el Sur. El contenido protéico es diferente dependiendo de si son arvejas frescas (6%) o secas (22%). Las arvejas secas aportan las mismas proteínas que el resto de las legumbres. No obstante, las proteínas presentes en la arveja, al igual que en otras legumbres, contienen un exceso de lisina y son pobres en metionina. Por este motivo, se aconseja combinarlos con otros alimentos (con los cereales, por ejemplo, que son ricos en metionina, pero les falta lisina) para obtener una proteína de mayor calidad (Camarena et al., 1990).

Harina de arveja

La obtención de la harina sigue el siguiente flujo de proceso: recepción de materia prima, pesado, selección, lavado 15 minutos y desinfección, pelado, rebanado, secado tiempo 6 horas a 45 °C, molienda y envasado (Romero, 2016).

El cuadro 13 muestra la composición química de la harina de arveja.

Los granos de cereales han sido y siguen siendo importantes fuentes de carbohidratos, proteínas, vitaminas del complejo B y minerales en la dieta mundial. Los cereales más utilizados son: trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), maíz (*Zea mays* L.), mijo (*Panicum miliaceum* L.), sorgo (*Sorghum vulgare* Pers), cebada (*Hordeum vulgare* L.), centeno (*Secale cereale* L.) y avena (*Avena sativa* L.) (Roderuck y Fox, 1987).

Cuadro 13: Composición química de la harina de arveja

Energía (Kcal)	346
Agua (g)	10.1
Proteína (g)	21.6
Grasa total (g)	1.1
Carbohidratos totales (g)	64.4
Fibra cruda (g)	5.5
Cenizas (g)	2.8
Calcio (mg)	102
Fosforo (mg)	351
Hierro (mg)	5.5

FUENTE: CENAN. Instituto Nacional de Salud (2009)

La calidad nutricional de los cereales es un componente integral de los alimentos, ya que representan el mayor componente de los alimentos mundiales. La calidad nutritiva de los granos de cereales está determinada por sus componentes principales, los carbohidratos, proteínas y lípidos, y la digestibilidad total (Bhatia y Rabson, 1987).

Los granos completos de los cereales son una fuente importante de hierro, tiamina, niacina y fuentes moderadas de riboflavina, buena fuente de proteínas y proporcionan cantidades apreciables de fibras; sin embargo, al ser procesados, soplados, expandidos, precocidos, vaporizados entre otros, pierden muchas de estas propiedades y se requiere que se repongan por enriquecimiento, conjuntamente con adiciones de calcio y otros minerales (Judit, 2005)

2.5 REQUERIMIENTOS DE PROTEINAS EN LA ALIMENTACION

El papel primordial de la proteína como alimento es administrar al organismo aminoácidos esenciales después de haber sufrido una hidrólisis más o menos intensa bajo la acción de las enzimas del aparato digestivo. La composición en aminoácidos es un parámetro importante y la digestibilidad de la proteína es un factor limitante en la disponibilidad de estos aminoácidos. Los índices químicos de las proteínas de pescado son elevados para los aminoácidos esenciales (Lorient, 1982)

El cuadro 14 muestra los requerimientos de aminoácidos según edad, y el cuadro 15 los aminoácidos de algunos alimentos empleados.

2.5.1 Importancia de los aminoácidos esenciales en la salud

- a. Lisina:** Importante para el crecimiento adecuado, y desempeña un papel esencial en la producción de carnitina, un nutriente responsable para la conversión de ácidos grasos en energía y ayudar a reducir el colesterol. La lisina es útil para ayudar al cuerpo a absorber el calcio, y desempeña un papel importante en la formación de colágeno, una sustancia importante para los huesos y tejidos conectivos, incluyendo la piel, tendones y cartílago. (FAO. 1981)

- b. Triptofano:** La función principal del triptófano es actuar como precursor de la serotonina. De ahí su enorme importancia, pues mantener unos buenos niveles de serotonina es crucial para muchas otras funciones dentro del organismo. El equilibrio serotonina/melatonina nos ayuda a mantener un nivel de actividad equilibrado y eficaz durante el día y un estado relajado y tranquilo por la noche. (FAO. 1981)

Cuadro 14: Patrón de requerimiento de aminoácidos según edad (mg de aminoácidos /gr de proteína)

Aminoácido	Niños 1	Niños 2	Adultos
Histidina	14,0	0,0	0,0
Isoleucina	35,0	37,0	18,0
Leucina	80,0	56,0	25,0
Lisina	52,0	75,0	22,0
Meteonina + Cistina	29,0	34,0	24,0
Fenilalanina + Tirosina	63,0	34,0	24,0
Treonina	44,0	44,0	13,0
Triptofano	08,5	04,6	06,5
Valina	47,0	41,0	18,0

FUENTE: WHO/FAO (1973)

Niños¹ - Necesidades esenciales de niños de 0 a 6 meses, basado en un nivel de seguridad de consumo de 2gr de proteína al día por K de peso.

Niños² - Necesidades esenciales de niños de 10 a 12 años, basado en un nivel de seguridad de consumo de 0.8gr de proteína al día por K de peso.

Adulto - Necesidades esenciales de adultos, basado en un nivel de seguridad de consumo de 0.55gr de proteína al día por K de peso.

2.6 SNACKS O BOCADITO

2.6.1 Definición

Los snacks son productos alimenticios, salados o dulces, fritos o extruidos, que no han sido sometidos a la acción de leudantes químicos o biológicos, que tienen formas de presentación y generalmente son envasados (ITINTEC, 1984).

2.6.2 Clasificación

Matz (1976) clasifica a los bocaditos en:

- **Bocaditos fritos:** Son aquellos que se obtienen luego de una fritura directa de la materia prima con el agregado posterior de saborizantes, colorantes, sal, azúcar y otros aditivos.

- **Bocaditos extruidos:** son aquellos que se obtienen de una mezcla de materias primas previamente tratadas que son sometidos a un proceso de extrusión.

2.6.3 Cereales pre-cocidos

Cugüño (2008) reporta que, en el desarrollo de distintos productos alimenticios a base de cereales y oleaginosas, existe la tendencia de presentarlos en estado precocido, para su consumo directo o de fácil preparación. Las ventajas de esta forma de comercialización son varias y se pueden mencionar las siguientes:

- Inactivación térmica de inhibidores del crecimiento y factores que alteran la digestibilidad o el gusto.
- Producto sanitariamente adecuado.
- Alta estabilidad del almacenaje.
- Posibilidad de dar formas y texturas diferentes.
- Posibilidad de agregar diferentes sabores, colores, etc.

Cuadro 15: Aminoácidos de algunos alimentos y HPP (mg de aminoácidos/gr de proteína)

Aminoácido	Arroz ^a	Maíz ^b	Quinoa ^c	Kiwicha ^d	Arveja ^e	Leche en polvo ^f	Harina de pota precocida ^g
Histidina	35.4	36.8	49	39	43.2	28.0	42.6
Isoleucina	40.0	125.3	66	59	68.8	51.7	65.6
Leucina	86.4	26.7	60	62	75.2	97.0	101.6
Lisina	39.8	34.6	53	23	20.8	71.0	37.6
Met. + Cistina	35.6	87.1	69	43	73.6	34.4	87.8
Fenil. + Tirosina	90.7	36.0	37	37	40.0	96.2	38.6
Treonina	40.9	7.1	9.0	15	9.6	41.2	20.0
Triptofano	14.1	48.5	45	44	46.4	13.9	54.0
Valina	57.7	27.2	46	28	22.9	63.0	68.9

FUENTE: a, b, c, d, f: FAO. 1981. Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. g: Lazo, 2006

2.7 PROCESO DE EXTRUSION

La extrusión, esta es definida como "el proceso que consiste en dar forma a un producto, forzándolo a través de una abertura con diseño específico". Así pues, la extrusión puede o no implicar simultáneamente un proceso de cocción (Valls, 1993). La tecnología de la extrusión se destaca en la industria de alimentos como un proceso eficiente, utilizándose en el procesamiento de cereales y proteínas, para alimentación humana y animal (Cugüño, 2008)

La extrusión a altas temperaturas (100-180 °C) y presión por corto tiempo (30-120 segundos), es uno de los procesos tecnológicos de mayor versatilidad para la elaboración de productos alimenticios a partir de granos de cereales y leguminosas (Delahaye et al., 1997; Hurtado et al., 2001). Su alta productividad, costos bajos de operación, eficiencia energética, obtención de productos de alto valor biológico y elevada digestibilidad de las proteínas (Mercier, 1993; Milán-Carrillo et al., 2002) lo convierten en un proceso tecnológico atractivo.

Es importante destacar que las transformaciones se producen en tiempos cortos y menores al tiempo de residencia medio. Otro aspecto a destacar es que la temperatura es considerada una variable independiente solo en el caso de la extrusión con control de temperatura desde el exterior, para el caso de extrusores autógenos la misma debe considerarse una respuesta (González, et al, 2002).

Las características de la masa que fluye dentro del extrusor y sus propiedades finales dependen de su composición: humedad, materia grasa, fibra, almidón, proteína, sales, emulsionantes y del diseño particular que provoca mayor o menor interacción partícula-partícula. Definidas las condiciones de extrusión (relación de compresión del tornillo, velocidad de rotación, diámetro del dado, nivel de temperatura a controlar (tanto en la zona del cilindro como del dado), material a extrudir (tamaño de partículas, humedad, etc.), la operación es comenzada alimentando material con una humedad suficiente para evitar una excesiva presión inicial, luego se introduce el material en estudio manteniendo siempre llena a la zona de alimentación del tornillo (González et al., 2002).

La toma de muestras se realiza una vez que se alcanza el estado estacionario, es decir cuando el caudal de salida, la presión y el torque (medido sobre el eje del motor), se mantienen constantes. Este caudal de salida, se refiere a la humedad de alimentación, habiendo sido previamente determinado el caudal másico de sólido seco (González et al., 2002). Las variables que intervienen en el proceso de extrusión se muestran en el cuadro 16.

2.7.1 Tipos de extrusores

La selección o diseño de un extrusor para el procesamiento de alimentos, es complicada, dado que la estructura de los alimentos es heterogénea y compleja; esta es una de las razones por las cuales la aplicación práctica (a nivel industrial) de técnicas de extrusión está basada ampliamente en información empírica (Arias-García Rosa María Elena, 2007).

Existe una amplia variedad de extrusores los cuales se caracterizan no solo por la complejidad de los diseños, sino también por el grado de sofisticación en los sistemas de control de la operación. Como extremos pueden destacarse, por un lado, los de doble tornillo y por otro los monotornillos particularmente llamados de bajo costo tal como el diseño “Brady” (Harper, 1981) (El término tornillo también es conocido como gusano).

Cuadro 16: Variables más importantes que intervienen en el proceso de extrusión

Variables independientes	Humedad
	Tipo y composición del material
	Intercambio de calor
	Temperatura
	Grado de alimentación
	RPM
Variables independientes del diseño	Geometría
	Cilindro
	Tornillo
	Dado
Respuesta	Presión
	Temperatura
	Caudal másico
	Energía mecánica
	Distribución de tiempo de residencia
	Propiedades del product

FUENTE: Gonzales et al. 2002

La figura 9 muestra el diagrama del proceso de extrusión:

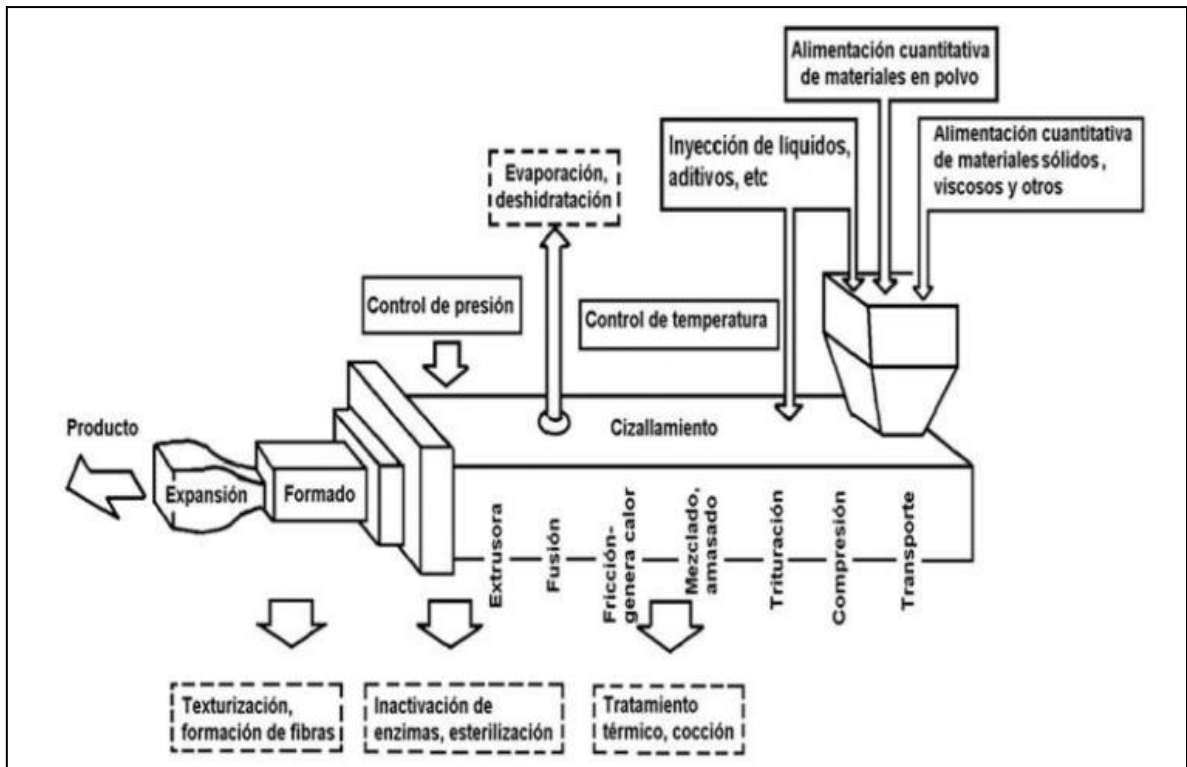


Figura 9: Proceso de extrusión de alimentos

FUENTE: Rodríguez et al., 2009

Extrusores mono tornillo o tornillo simple

Los extrusores monotornillos funcionan como una “bomba de fricción”, es decir el material es transportado por el efecto de “arrastre”. El material “alojado” dentro del canal del tornillo es “empujado” hacia la salida por el frente de los filetes. Este transporte se produce solamente si la fricción del material/harina o sémola sobre la superficie interna del cañón o cilindro, es suficientemente mayor que la fricción del material sobre la superficie de los tornillos. Es decir que el material debe “agarrarse” a la superficie del cilindro para que la superficie del tornillo “resbale” sobre el material y así producir el transporte. Si por alguna razón el material se adhiere a la superficie del tornillo lo suficiente como para hacer “resbalar” el material sobre la superficie del cilindro el transporte se detiene y el material alojado en el canal del tornillo gira solidariamente con él. Este mecanismo se visualiza con el ejemplo de la mano “tomando” a una tuerca que esté en un bulón que gira. Si la mano no “toca” la tuerca esta gira junto al bulón y no se desplaza, pero cuando la mano “toca” la tuerca (lo “agarra”), la tuerca se desplaza hacia delante o hacia atrás según sea el sentido de la rosca (Cugüño, M. 2008).

El material, que debe poseer una granulometría adecuada y uniforme, y con humedades que varían entre 10 y 35%, entra en la zona de alimentación y es transportado por acción del tornillo, en esta parte puede poseer filetes más profundos para compensar el cambio de volumen que se produce en la zona o sección de compresión, asegurando el caudal másico que sale a través del dado. El flujo sólido se va transformando hasta convertirse en flujo viscoso, mediante el cual la energía mecánica se disipa. Si esa transformación no se produce la operación se reduce al transporte del material y al pasaje a través del dado (González, et al., 2002).

En la sección de bombeo o “metering” la masa sufre las transformaciones más importantes, quedando las partículas, que anteriormente formaban la sémola totalmente destruida y sus contenidos integrados en toda la masa. El grado de interacción y de modificación estructural dependerá de las variables de operación. Esta sección asegura un flujo uniforme a través del dado. Cuando la masa la atraviesa, la presión es liberada súbitamente permitiendo que el agua, en estado líquido sobrecalentada, se evapore instantáneamente (flashing), produciendo la expansión del material y dándole la típica estructura porosa (Cugüño, 2008).

Según González, et al. (2002), para el caso de este tipo de extrusores monotornillo, las variables más importantes para determinar el grado de cocción del material son:

- Humedad.
- Temperatura.
- El diámetro de dado.
- La relación de compresión del tornillo.

La figura 10 muestra las distintas partes de un extrusor monotornillo moderno

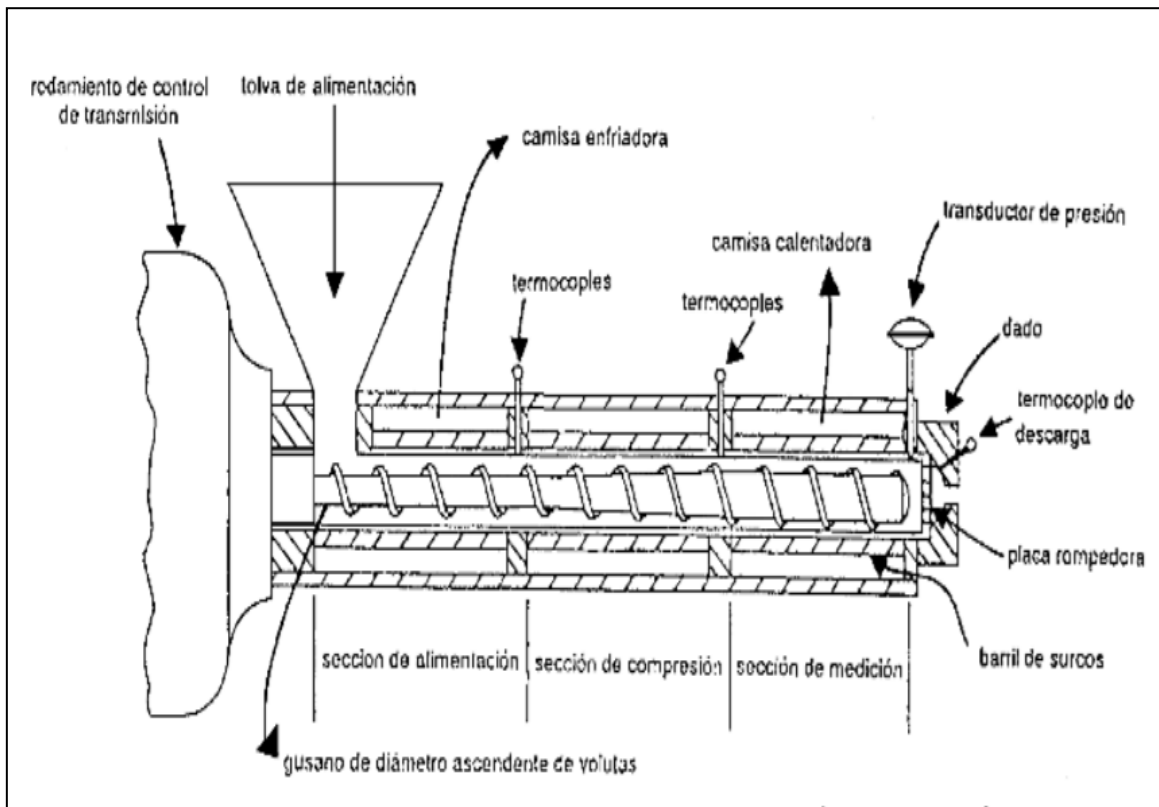


Figura 10: Esquema que muestra las distintas zonas de un extrusor monotornillo

FUENTE: González, (1988)

Extrusores de doble tornillo o tornillo compuesto

El mecanismo de transporte de los extrusores de doble tornillo es muy diferente. Estos son verdaderos “bombas positivas”. Los filetes de ambos tornillos “solapan” o penetran cada uno dentro del canal del otro. De esta manera el “paso” de cada tornillo es interrumpido por el filete del otro formándose en cada tornillo una sucesión de “cámaras” con forma de “C” con los extremos desplazados, el caudal resultante es el producto del volumen total de cámaras “C” por la velocidad de rotación.

Los extrusores de doble tornillo ofrecen ventajas, tales como un mejor control de la operación y una mayor diversidad de productos, pero los extrusores monotornillo ofrecen todavía buenas alternativas para la cocción de cereales, debido a los menores costos operativos, de inversión y de mantenimiento (Cugüño, 2008).

2.7.2 Formadores de estructura en la cocción por extrusión

En el proceso de extrusión de alimentos el almidón es el componente que juega el papel más importante, ya que los cambios que sufre afectan la expansión y la textura final del producto extrudido (Lai y Kokini, 1991).

Muchos estudios reconocen que el almidón, como componente predominante en los cereales, juega un rol principal en la expansión, mientras que los otros ingredientes tales como proteínas, azúcares, grasas, y fibras actúan como “diluyentes”, con efectos diversos (Guy, 2002).

Se estima que el límite más bajo de contenido de almidón para obtener una buena expansión es del 60-70 %. Se ha sugerido que un alto contenido de amilopectina conduce a la obtención de texturas expandidas homogéneas y elásticas, mientras que altos contenidos de amilosa conducen a extruidos duros y menos expandidos. A un mismo contenido de humedad, los almidones ricos en amilopectina son más blandos que los almidones ricos en amilosa, lo que favorece la expansión. Durante la extrusión la gelatinización del almidón puede ocurrir uniformemente a niveles del 20 % de humedad. Sin embargo, también se ha indicado que a bajos contenidos de agua se acentúa la gelatinización por los altos esfuerzos de corte del tornillo debido a la generación de calor como por la ruptura mecánica de los gránulos (Vasanthan y col., 2001).

Los azúcares reductores, incluyendo los que se forman durante el cizallamiento del almidón y la sacarosa, pueden reaccionar con lisina, dejando de este modo el valor nutritivo proteico. La lisina es el aminoácido esencial limitante en los cereales, y más reducción drástica de este nutriente puede deteriorar el crecimiento de los niños y animales jóvenes. Las mezclas de harina de maíz, copos de soja con grasa entera y aislados o concentrados proteicos de soja produjeron ingredientes nutritivos adecuados para la reconstitución como coposo gachas con una buena retención de lisina (Konstance et al., 1998).

Respecto a las proteínas, no todas favorecen la expansión, el efecto de las proteínas sobre la expansión depende del tipo y concentración de la misma. Estas ejercen su efecto sobre la

expansión a través de su capacidad de afectar la distribución del agua en la matriz y a través de su estructura y conformación macromolecular, lo que a su vez afecta a las propiedades del “melt” (masa en estado fluido) (Cugíño, 2008)

La extrusión de productos con elevado contenido proteico se suele realizar generalmente para controlar los inhibidores del crecimiento que están contenidos en las materias primas. Durante el proceso de extrusión, estos inhibidores son suficientemente inactivados para evitar bloquear la actividad enzimática en el intestino. Se intenta conseguir por un lado el mínimo contenido en factores antitripsicos y por otro la máxima lisina disponible en el producto. Es conocido que la lisina es un aminoácido muy reactivo y el proceso que sea menos agresivo será el mejor desde el punto de vista nutritivo. La extrusión produce el desenredamiento de las cadenas proteica, las moléculas se alinean a largo de la matriz. En ausencia de cantidades importantes de almidón, la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta, existe un proceso por el cual a medida que la temperatura se va elevando, la proteína se va perjudicando. En productos con elevado contenido en almidón, la proteína queda dentro de la matriz formada por el almidón, con lo que queda enredada y encapsulada. Sin embargo, los enzimas digestivos del tracto intestinal disuelven la matriz de almidón, liberando la proteína (FEDNA, 1993)

2.7.3 Factores que afectan la cocción durante el proceso de extrusión

El grado de cocción (GC) se incrementa al aumentar la temperatura y la relación de compresión del tornillo y al disminuir tanto la humedad como el diámetro del dado. Un aumento de velocidad de rotación (rpm) se traduce en un menor tiempo de residencia (TR) y por lo tanto un menor GC, pero simultáneamente es mayor el gradiente de velocidad y por lo tanto es mayor la intensidad de los esfuerzos de corte producidos. Si la magnitud del efecto del TR es menor que la del efecto de fricción, el GC aumentará con el aumento de rpm. Esto es lo que ocurre en la mayoría de los casos, sólo para condiciones de bajo GC (alta humedad, diámetros del dado altos y baja relación de compresión), el aumento de rpm produce una disminución del mismo. Otro aspecto a destacar es que la temperatura es considerada una variable independiente solo en el caso de la extrusión con control de temperatura desde el exterior, para el caso de extrusores autógenos la misma debe considerarse una respuesta, ya

que es la temperatura de equilibrio entre el calor disipado a través de la superficie y el calor generado por fricción (González y col., 2002).

Según Haller (2008), las características de las materias primas a extruir influyen en las propiedades del producto extruido según:

- **Tipo de material alimentado:** La naturaleza del material alimentado, como su contenido de almidón, proteínas, lípidos y humedad definen las características del producto extruido.
- **Tamaño de la partícula del material alimentado:** El tamaño de partículas adecuado para la extrusión, se relaciona con la altura del filete correspondiente al canal del tornillo y debe ser al menos 10 veces menor a ésta.
- **Humedad:** el nivel de humedad afecta principalmente a la fricción desarrollada durante la extrusión. Aunque, en condiciones de alta humedad, también afecta a la gelatinización. En la elaboración de expandidos, se verifica una relación inversa entre la humedad y la expansión.
- **Otros ingredientes:** Ingredientes como aceites y emulsificantes pueden ser sumados al material alimentado, actuando como lubricantes y disminuyendo la fricción y la cantidad de calor disipado.

Para poder determinar las condiciones de operación de la técnica de formado por extrusión, no es suficiente tan sólo con comprender el equipo (características geométricas y funcionales); también es necesario analizar las propiedades del material o producto que se va a extruir. Es así que en muchas ocasiones puede observarse que una extrusora funciona apropiadamente con un tipo específico de producto y que muchos productos pueden procesarse únicamente con ciertas geometrías específicas. En principio, pueden clasificarse en dos de acuerdo con sus orígenes; las propiedades inherentes al extruido y las propiedades relacionadas con la forma en la cual se encuentra el extruido (Castro, 2007).

En el cuadro 17 se muestran las variables más importantes en el proceso de extrusión de alimentos (González y col., 2002).

Cuadro 17: Variables más importantes en el proceso de extrusión de alimentos

VARIABLE DE PROCESO	MATERIA PRIMA	PRODUCTO	EQUIPO
Flujo de alimentación del extrusor	Contenido de humedad	Contenido de humedad	Longitud - Barril - Tornillo
Temperatura - Barril - Dado	Distribución granulométrica	Color y sabor	Configuración - Dado - Tornillo - Sinfín - Barril
Velocidad - Giro - Flujo másico	Composición	Estabilidad del aglomerado (Textura)	Molde del dado de salida
Tiempo de residencia	Comportamiento reológico	Índice de expansión	Tolva de alimentación
Energía y presión		Capacidad de retención de agua	Zona de mezclado
Torque total del momento promedio		Densidad aparente	Maquinabilidad
		Velocidad de solubilización	

ELABORACIÓN PROPIA

2.7.4 Parámetros de evaluación del proceso de extrusión

En la extrusión, los parámetros importantes que influyen en la calidad del producto terminado son el contenido de humedad del material y el tiempo de residencia, el cual es influenciado por la velocidad de alimentación, velocidad y configuración del tornillo, geometría del dado, temperatura y presión. Particularmente, los atributos sensoriales de los extrudidos dependen en gran medida de las variables relacionadas con el equipo y con la composición química de la materia prima (Chen y col., 1991)

Índice de expansión (IE)

Una de las propiedades más importantes de los productos extruidos tipo “snack” es la textura, la cual estará muy relacionada a la expansión. Al respecto, cabe mencionar que si bien se ha demostrado que la expansión del producto ocurre en las direcciones longitudinal y radial, la expansión radial es la más simple de determinar y refleja la expansión global. El volumen específico surge de relacionar el diámetro, la longitud y el peso de los productos de extrusión (Maroulis, 2004).

De las distintas variables que afectan a la expansión, la humedad es la más significativa (González et al., 2002), aunque también son relevantes, la temperatura alcanzada por el material antes de pasar por el dado, la relación de compresión, diámetro del dado y la velocidad del tornillo.

La temperatura también se relaciona directamente con el grado de cocción, y por ende la expansión mostrará un máximo con la temperatura. En cuanto a la dureza sensorial, disminuye con el aumento de la temperatura, mientras que aumenta con el aumento de la humedad por lo que se relaciona en forma inversa con el grado de cocción. Por el contrario, el grado de cocción se relaciona en forma directa con la susceptibilidad enzimática (González y col., 2002).

Linko et al. (1981) mencionan que, los factores que afectan el grado de expansión son: la temperatura, el contenido de humedad y los parámetros geométricos del dado o molde de salida.

Densidad aparente (DA)

Guy (2002) menciona que la densidad es un atributo de calidad del producto muy importante desde el punto de vista de la producción comercial, debido a que la mayoría de ellos se envasan por peso y no por volumen, por lo que cualquier variación en la densidad influirá en el peso y el volumen del producto en el empaque.

Aguirre (2003) obtuvo valores de densidad de 0.075; 0.100 y 0.131 g/ml con humedades de alimentación crecientes de 12, 14 y 16% respectivamente en copo de quinua extruida.

2.8 VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS

Xiong y Hernandez (2002), afirman que la vida útil está íntimamente relacionada con la calidad del alimento. Labuza (1999), indica que esencialmente, la vida útil de un alimento, es decir, el período que retendrá un nivel aceptable de su calidad alimenticia desde el punto de vista de la seguridad y del aspecto organoléptico, depende de cuatro factores principales; conocer la formulación, el procesado, el empaçado y las condiciones de almacenamiento.

Desde el punto de vista de la industria alimentaria la vida útil está basado en la cantidad de pérdida de calidad que se permitirá antes del consumo del producto.

La finalización de la vida útil de alimentos puede deberse a que el consumo implique un riesgo para la salud del consumidor, o porque las propiedades sensoriales se han deteriorado hasta hacer que el alimento sea rechazado. En este último caso la evaluación sensorial es el principal método de evaluación, ya que no existen métodos instrumentales o químicos que reemplacen adecuadamente a nuestros sentidos (Warner, 1995).

2.8.1 Principales formas de deterioro de los alimentos

Durante el almacenamiento y distribución los alimentos son expuestos a una serie de factores que pueden afectar su vida útil, estos factores pueden ser clasificados en intrínsecos y extrínsecos.

Los factores intrínsecos son las propiedades del producto final, tales como la actividad de agua, pH, acidez total, potencial redox, nutrientes, entre otros.

Los factores extrínsecos son aquellos factores con los que el producto final se encuentra a lo largo de la cadena alimentaria, como, temperatura, humedad, oxígeno, sistemas de procesamiento, tipo de empaque y luz (Kilcast & Subramanian, 2000).

2.8.2 Estudio acelerado de vida útil

Un estudio acelerado consiste en someter al producto bajo condiciones extremas de almacenamiento, como temperatura, presiones parciales de oxígeno o altos contenidos de humedad, que aceleran las velocidades de deterioro del alimento, resultando de esto un período de estudio menor al realizado bajo condiciones reales de almacenamiento (ASTM, 2011).

Esta metodología es de gran utilidad cuando se estudian productos no perecederos, ya que ayudan a reducir el tiempo dedicado a los ensayos de estimación (Giraldo, 1999), sin embargo, estos estudios se hacen menos factibles para productos no perecederos con una vida útil mayor a tres años (Labuza & Szybits, 2004).

2.8.3 Cinética de deterioro

Aplicando los principios cinéticos de química fundamental, la velocidad de cambio de la calidad de un alimento generalmente puede ser expresada como una función de la composición y de factores ambientales, representada en la ecuación (1):

$$\frac{dQ}{dt} = F(C_i, E_j) \dots (1)$$

Donde C_i son los factores de la composición; tales como, concentración de componentes de reactivos, catalizadores orgánicos, enzimas, inhibidores de la reacción, pH, actividad del agua o poblaciones microbianas; y E_j son los factores ambientales, como temperatura, humedad relativa, presión total y presión parcial de diferentes gases, luz y mecanismos de estrés (Saguy & Karel, 1980). Excluyendo el efecto de los factores ambientales. E_j .

asumiendo que estos permanecen constantes, la ecuación (1) se simplifica y expresa el cambio de la concentración de los constituyentes relacionados con la calidad del alimento, como función del tiempo (Rotstein et al., 1997).

La pérdida de calidad de la mayor parte de los alimentos puede ser representada por la ecuación básica (2):

$$\frac{dA}{dt} = -k(A)^n \dots (2)$$

Donde A es el factor de calidad medido, t es el tiempo, k es una constante de velocidad y n es un factor denominado orden de reacción, que define la velocidad de pérdida del factor calidad (Labuza & Schmidl, 1985).

Generalmente, los resultados de vida útil estudiados no son obtenidos como una velocidad, más bien como la cantidad de A perdido o producido como función del tiempo (Labuza, 1982).

La pérdida de calidad de muchos alimentos se ajusta a distintos órdenes de reacción, sin embargo, en su mayoría lo hacen al orden de reacción cero y uno (Gordon, 1993).

Es necesario conocer las diferentes reacciones que causan degradación de los alimentos para desarrollar procedimientos específicos para su vida útil; menciona el mismo autor que la mayor parte de los datos de vida útil de sistemas biológicos tales como alimentos para el cambio de una característica de calidad, basados en alguna reacción química o crecimiento bacteriano, siguen un modelo de orden cero o primer orden, dependiendo de la reacción involucrada. (Casp y Abril, 1999).

a. Reacción de orden cero

Menciona Casp y Abril (1999), que una disminución lineal del atributo implica que su variación con respecto al tiempo es constante, y que, por lo tanto, la pérdida de dicho atributo no depende de su concentración.

Basado en la ecuación (2) mucha de la literatura asume un valor de cero para n. Esta suposición se denomina orden cero. Esto implica que la velocidad de pérdida del factor de calidad en el tiempo es constante, como lo define la ecuación (3).

$$\frac{dA}{dt} = -k \dots (3)$$

Matemáticamente si la ecuación (3) fuera integrada, la cantidad de factor calidad perdida en el tiempo como función de la temperatura llegaría a transformarse en la ecuación (4).

$$A = A_0 - kt \dots (4)$$

Donde A es la cantidad de calidad remanente al tiempo t, A₀ es la cantidad inicial del factor calidad y k es la constante de velocidad (Labuza, 1982).

Si se representa el grado de calidad en función del tiempo y se obtiene una línea recta, el orden de reacción es cero. Una gráfica de este tipo, donde la pendiente es k, se muestra en la Figura 11 (Curia y col., 2005).

b. Reacción de orden uno

Según Casp y Abril (1999), en esta reacción el atributo de calidad Q, disminuye de forma exponencial, durante el periodo de almacenamiento. En este caso el ritmo de pérdidas del

atributo de calidad depende de la cantidad que queda del mismo, y esto implica que a medida que el tiempo avanza y el atributo de calidad disminuye la velocidad de reacción es cada vez menor. Por su parte Morales (2006), indica que cuando la velocidad de reacción depende de la concentración del reactante ésta es de primer orden.

Matemáticamente la velocidad se define como la ecuación (5).

$$\frac{dA}{dt} = -kA \dots (5)$$

Integrando la ecuación (5) se obtiene una ecuación logarítmica (6):

$$\ln A = \ln A_0 - kt \dots (6)$$

Donde A es la cantidad de calidad remanente al tiempo t, A₀ es la cantidad inicial del factor calidad y k es la constante de velocidad (Labuza, 1982).

Una gráfica de este caso se muestra en la figura 11.

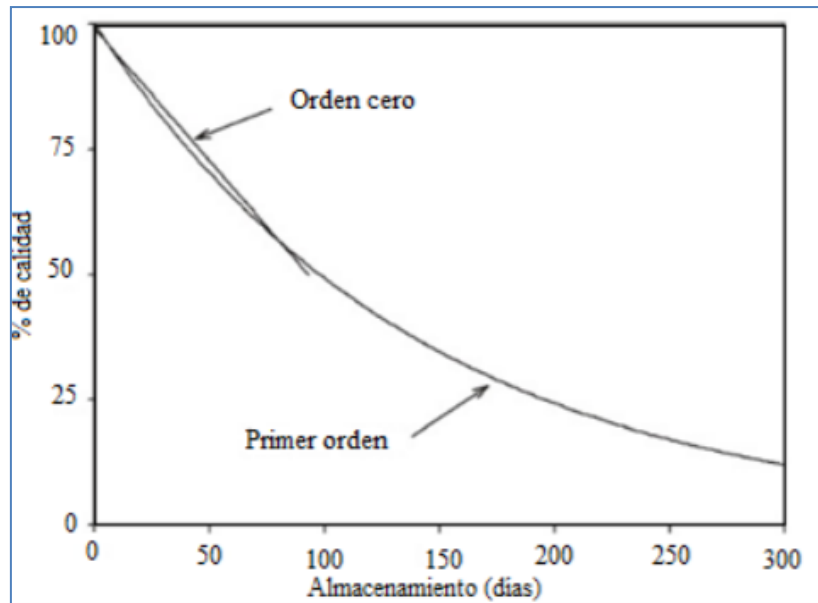


Figura 11: Curvas cinéticas de deterioro

FUENTE: Curia y cols., 2005

2.8.4 Modelo de Arrhenius

Además, Casp y Abril (1999), señalan que la temperatura, aparte de afectar fuertemente a las constantes de velocidad de las reacciones, es el único factor que, la mayoría de las veces, le es impuesto externamente al alimento y no puede ser controlado por un envase apropiado.

La dependencia de la velocidad de pérdida de calidad con la temperatura es a una velocidad constante k . Teóricamente, k obedece la relación de Arrhenius descrita según la ecuación 7.

$$k = k_0 e^{\left[-\frac{E_A}{RT}\right]} \dots (7)$$

Donde k es la constante de velocidad de la reacción, k_0 es la constante pre exponencial, E_A es la energía de activación para la reacción de deterioro y R es la constante de gases ideales (Labuza, 1982). Al aplicar los logaritmos de la ecuación (3), se obtiene la ecuación de una línea recta con pendiente E_A/R , tal como se expresa en la ecuación (8); el término E_A puede evaluarse para conocer el valor de la energía de activación.

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_A}{R} \frac{1}{T} \dots (8)$$

Un trazo del logaritmo natural de la constante de velocidad versus el inverso absoluto de la temperatura da una línea recta, como se muestra en la Figura 12 (Labuza, 1982).

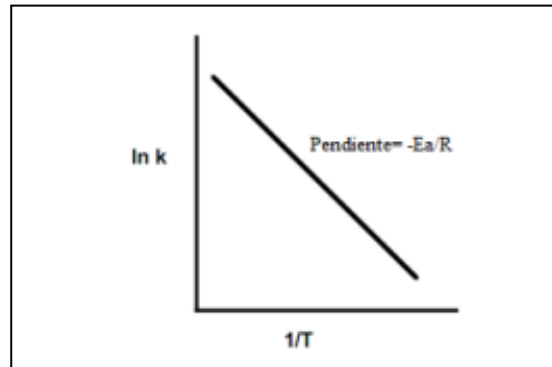


Figura 12: Gráfico modelo Arrhenius

FUENTE: Labuza & Fu, 1999

2.8.5 Limitaciones de los estudios de vida útil acelerado

Existen una serie de problemas prácticos y errores teóricos en los estudios de vida útil acelerados:

- Puede haber un error en la evaluación analítica o sensorial. Generalmente, cualquier medición debe tener una variabilidad de menos del 10% para minimizar los errores en la predicción.
- Los cambios de temperatura pueden generar cambios de fase, los cuales pueden acelerar ciertas reacciones, haciendo que la vida útil predicha a temperaturas menores sea más corta que la real.
- Si se utilizan altas temperaturas, una desnaturalización de las proteínas puede darse en el alimento. Esto puede resultar en un incremento o decremento en la velocidad de ciertas cadenas laterales de aminoácidos, provocando errores en la predicción de la vida útil a temperaturas moderadas.

La actividad de agua (A_w) en alimentos secos puede incrementar con la temperatura. Esto puede causar un aumento en la velocidad de reacción para productos de baja A_w en empaques sellados y resultar en una sobre estimación de la verdadera vida útil a bajas temperaturas (Labuza & Schmidl, 1985).

Un cuadro con las temperaturas de almacenamiento recomendadas para estudios acelerados se muestra en la tabla 18.

Cuadro 18: Temperaturas recomendadas para prueba acelerada de estabilidad

Tipo de Producto	Temperatura de ensayo (°C)
Cereales	25,35,45,50
Conservas	20,30,35,40
Enlatados	25,30,40,50
Vegetales deshidratados	25,30,35,40,50
Refrigerados	5,10,15
Congelados	-18,-15,-10,-5

FUENTE: Fernández, García, & Matínez, 2009

Debemos tener en cuenta que el objetivo de realizar un estudio acelerado de vida útil se basa en acelerar el mecanismo de deterioro y no transformarlo.

2.8.6 Evaluación sensorial

La vida útil de un alimento se puede definir como el tiempo que transcurre entre la producción/envasado del producto y el punto en el cual se vuelve inaceptable bajo determinadas condiciones ambientales. La finalización de la vida útil de alimentos puede deberse a que el consumo implique un riesgo para la salud del consumidor, o a que las propiedades sensoriales se hayan deteriorado hasta hacer que el alimento sea rechazado. En este último caso la evaluación sensorial es el principal método de evaluación, ya que no existen métodos instrumentales o químicos que reemplacen adecuadamente a nuestros sentidos (Dominic, 2004)

La evaluación sensorial según Witting (1981), trabaja en base a paneles de degustadores, denominados jueces, que hacen uso de sus sentidos como herramienta de trabajo. Cornejo y Leverato, citados por Kinast (2001) aluden que los usos de los sentidos permiten llegar a una valorización muy adecuada de los alimentos que son ingeridos.

Test de valoración de calidad de Karlsruhe

El Test de Karlsruhe consiste en una metodología que permite determinar las variaciones de calidad a través del tiempo, por lo tanto, es posible utilizarlo para determinar la vida útil de un alimento.

Este test es una combinación de valoración y razonamiento analítico, en que el juez previamente semi entrenado debe examinar minuciosamente cada parámetro de calidad para evaluarlo en una escala de 1 a 9 puntos, en la cual cada valor está perfectamente descrito para cada parámetro. Los parámetros que se evalúan son color, forma, apariencia, olor, sabor, textura, consistencia, etc. La descripción de cada parámetro se hace en base a los diferentes componentes que éste tiene (Wittig, 1981).

La escala permite discriminar sobre la intensidad en que estos componentes se presentan, y lo hace de tal forma que todos los componentes típicos del alimento se describen en el tramo 7-9.

Los componentes extraños o atípicos que aparecen en el producto o que resultan del inicio del deterioro de éste, sin perjudicar la comestibilidad, se describen en el tramo 4-6.

Los componentes extraños, cualquiera sea su origen, que deterioran la calidad hasta hacerla no comestible y aun repugnante, se incluyen en el tramo 1-3 (Wittig, 1981)

La estimación de la calidad total se calcula por medio de la ecuación 9, por medio de la ponderación de cada atributo de acuerdo a su importancia, de la siguiente forma:

Calidad total

$$= (Color * f_c) + (Apariencia * f_a) + (Olor * f_o) + (Sabor * f_s) + (Textura * f_t) \dots (9)$$

Donde f es el factor de ponderación de cada atributo de calidad y depende del producto a evaluar (Wittig, 1981).

2.8.7 Parámetros químicos

Actividad de agua (A_w)

La actividad del agua es un factor determinante en el estudio de la estabilidad de los alimentos, donde se la define como la relación entre la presión de vapor de agua del alimento y la presión de vapor de agua líquida pura a la misma temperatura. (Singh, 1998).

La cantidad del agua en un alimento no es suficiente para conocer la estabilidad de los mismos ya que existen alimentos que contienen gran cantidad de agua y no se alteran mientras otros que con menos cantidad sí. Por esta razón surge el concepto de actividad de agua que permite determinar la mayor o menor disponibilidad del agua en los diversos alimentos para que se produzcan las diferentes reacciones de degradación en los mismos (Soto, 2000).

Según Potter y Hotchkiss (1999), la actividad de agua no refiere al contenido absoluto de agua, sino a lo que afecta a las bacterias, enzimas y reactantes químicos a nivel microambiental en los materiales alimenticios. Dos alimentos con el mismo contenido de agua pueden tener valores muy diferentes de A_w , dependiendo del grado con el que el agua este libre o unida a los constituyentes del alimento. Sáenz (2001) menciona que la A_w varía

de 0 a 1 y es superior a 0,98 para alimentos frescos mientras que los productos secos tienen A_w por debajo de 0,6.

El mismo autor señala que los microorganismos, como organismos vivos tienen requerimientos mínimos de agua para su vida, por lo que al disminuir el agua disponible, se les coloca en un ambiente adverso para crecer y desarrollarse, de modo que se frena así el deterioro de los alimentos por esta vía.

Debido a esto se relacionan los valores de actividad de agua con el crecimiento microbiano. Es así como A_w menores de 0,9 se inhibe el crecimiento de la mayoría de las bacterias, incluidas las patógenas, excepto *S. aureus* que pueden crecer a A_w igual a 0,86. La concentración por hongos y levaduras, ocurre por el contrario a A_w mucho más amplias entre 0,61 y 0,9 (Sáenz, 2001).

Adrian y Frangne (1990) indican que a valores de A_w de 0,7 hay proliferación de levaduras y mohos y la de las bacterias es a partir de 0,9; Casp y Abril (1999) junto con Fennema (2000), también indican que una A_w inferior a 0,7 se considera el límite inferior que presenta todas las garantías de estabilidad en los alimentos.

Humedad

De acuerdo a lo indicado por Hurtado (2001), la humedad en los productos snack es un criterio determinante para las propiedades organolépticas y la aceptabilidad por parte del consumidor, la captación de humedad altera la textura crujiente y agradable de los productos snack y también puede favorecer las reacciones de degradación, como oxidación o hidrólisis. La humedad es uno de los criterios más comunes para determinar la calidad de los cereales ya que dicta las pautas para su manejo durante el almacenamiento. (Othon-serna, 1996),

Badui (1999), describe a los alimentos de humedad intermedia como alimentos con un contenido de agua de 25 a 50% (base húmeda) y con una actividad de agua de 0,65 a 0,90,

pero algunos autores sugieren que se definan como productos con un valor máximo de 0,86, que es suficiente para inhibir bacterias patógenas, como el *Staphilococcus aureus*. Pero Sáenz (2001), no coincide con estos valores para los productos de humedad intermedia, e indica que estos deben presentar una humedad entre 15 a 35% y una actividad de agua (A_w) entre 0,6 y 0,8.

Los productos alimenticios con bajo contenido de agua envasado en materiales flexibles, como es el caso de los bocaditos de maíz, al almacenarse en localidades de alta humedad tienden a ganar agua debido a la transferencia de este a través del envase. (Olvera, 2006). Dentro del proceso de extrusión, la humedad es una de las variables más importantes para determinar el grado de cocción del material (Ferm, 2002).

Valor Peróxido

Welti y Vergara (2002) señalan que cuando los valores de actividad de agua son bajos, se promueve la auto-oxidación de las grasas. A medida que la actividad de agua se incrementa, la velocidad de reacción disminuye debido a la estabilización de los hidroperóxidos de los ácidos grasos por los enlaces del hidrógeno con el agua; lo que interfiere con la descomposición e impide que progrese más la oxidación. Sin embargo, como la hidratación de la microestructura continúa, la reacción de autooxidación de los lípidos se acelera debido a que se intensifica la movilidad y difusión de los reactantes (metales, oxígeno, radicales libres y aldehídos). Cuando los aceites son recientes usualmente tienen índices de peróxidos bajos, inferiores a 10 meq. O_2/kg . Si este valor se eleva a niveles de 20 y 40, es notable el sabor rancio.

El valor peróxido es una variable dependiente en cuanto al análisis de vida útil refiere, en el caso de los cereales extruídos dicha variable no forma parte importante del análisis ya que el porcentaje de grasa del producto no logra que el valor llegue a ser mayor de , siendo un carácter no influyente en su vida útil (Lara y Mejía, 2004).

2.9 ENVASE

2.9.1 Definición

El envase constituye una barrera entre el alimento y el medio ambiente, se opone a la transmisión de luz, calor, humedad, gases, y la eventual contaminación por microorganismos o insectos. El envase además de contener, protege, promociona y diferencia el producto que se va a comercializar.

El envase constituye el primer acercamiento entre el consumidor y el producto, y como la primera impresión siempre es la que genera un mayor impacto en la percepción del consumidor sobre el bien que va a adquirir, la imagen que proyecta éste es fundamental para su elección frente a otras alternativas. (Gewer herling, 2006)

Los envases flexibles son cuerpos tridimensionales hechos de materiales complejos que se dejan enrollar, doblar, formar y fraccionar. A estos materiales de envase compuesto se les denomina genéricamente “laminados flexibles” como, por ejemplo una bobina de laminado para leche en polvo. A los cuerpos tridimensionales hechos con ellos, se les denomina envase flexible, tal como una bolsa de leche en polvo (Illanes, 2004).

Los envases flexibles, deben cumplir varias misiones, tales como:

- **Contención:** Debe proveer de resistencia mecánica, resistencia a la perforación y al rasgado; quiere decir que el material de envase debe ser resistente al daño mecánico que se puede ocasionar por aristas o puntas agudas del producto.
- **Protección:** Todos los envases flexibles deben estar cerrados de alguna manera, y la gran mayoría son termosellados. Este es un proceso en el cual las capas o láminas que forman el envase, se funden con la otra capa para producir la unión de sellado.
- **Funciones de barrera:** la industria convertidora provee de envases a los distintos envasadores de alimentos con bajas permeabilidades tanto a gases y vapores, como también al oxígeno, luz y aromas. Una de las barreras más requeridas en la de vapor de agua. (Liamiani, P, 2010)

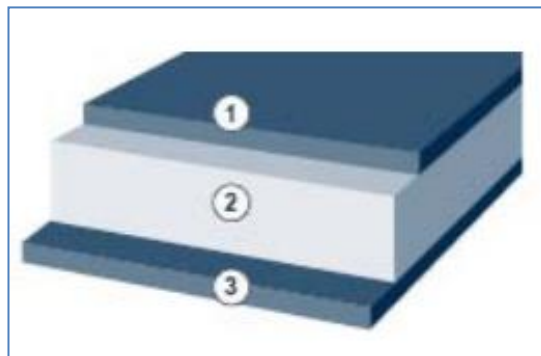
2.9.2 Polietileno

Dentro de las clasificaciones del polietileno, encontramos al polietileno de baja densidad el cual es fuerte, ligeramente traslúcido, puede ser soplado y extruido para formar una lámina o a través de una boquilla ranurada y un rollo. Este último proceso da una forma más clara. Presenta buena fuerza a la tensión y a la ruptura, tiene resistencia al impacto y resistencia al rompimiento, y mantiene esta resistencia por debajo de 60° C. Es una excelente barrera al agua y al vapor de agua, pero no es una buena barrera a los gases. (Linares, 2016)

2.9.3 Polipropileno

a. BOPP metalizado

El BOPP, es el film preferido para envases flexibles. Es un film de polipropileno biorientado (BOPP), metalizado de alta barrera, de alta integridad al sello y bajo coeficiente de fricción. Su composición se ilustra en la figura 13 (Hernández y col., 2000).



Capa 1: Polímero con tratamiento superficial (corona) y aluminio en su superficie.

Capa 2: Homopolímero.

Capa 3: Terpolímero con alta integridad de sello y bajo coeficiente de fricción.

Figura 13 : Esquema estructural de film de polipropileno biorientado

Es un film metalizado termosellable por una cara (baja temperatura de sello), de alta integridad de sello, de excelentes barreras al vapor de agua, a la luz y al oxígeno, con una óptima uniformidad del depósito de aluminio. Es utilizado en laminaciones para envases de productos alimenticios, tales como galletas, papas fritas y otros “snack”, que predicen de alta hermeticidad (Hernández y col., 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se desarrolló en los siguientes laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina: Procesos Pesqueros y Microbiología Pesquera de la Facultad de Pesquería. Envases de la Facultad de Industrias Alimentarias. Análisis de Suelos de la Facultad de Agrícola. La Molina Calidad Total Laboratorios y en las instalaciones de la empresa CERECROCKS, empresa dedicada a la producción de cereales extruidos.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Materia prima

- Harina de pota (*Dosidicus gigas*) precocida elaborado en la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Harinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), arveja (*Pisum sativum*) y polenta cruda de maíz (*Zea mays*), proporcionadas por la empresa Kumara Food S.A.

3.2.2 Materiales y equipos

Equipos

- Extrusor artesanal de alimentos: de tornillo sinfín simple con sistema de alimentación por gravedad.
- Cámaras climáticas marca Memmert, capacidad de 260 l, de 0 a 70°C, humedad de 10 a 90%.
- Balanza de humedad (marca: BEL engineering)
- Balanza digital de alimentos (marca: Excell, modelo: L-PCR series).
- Estufa (marca: Memmert, modelo: TV40V)
- Balanza analítica (marca: Sartorius, modelo: TE214S)

- Medidor de Actividad de Agua (marca: Aqualab, modelo: Series 3)
- Tamizador eléctrico (marca: SoilTest, modelo: CL397B – USA)
- Digestor (marca: Velp Scientific, modelo: DK6)
- Destilador (marca: Velp Scientific, modelo: VOK127)
- Equipo Soxhlet
- Estufa
- Recipiente de pirex
- Termómetro mercurio

Materiales

- Paila de acero inoxidable
- Recipiente de acero inoxidable
- Cucharón de acero inoxidable
- Bolsa de polietileno de baja densidad 71.12 x 71.12cm, 60µm. y 30 kilos de resistencia.
- Bolsa de polipropileno bilaminado de medidas 24 x 16 cm, 0,08cm, 2.5% de densidad óptico y 66.1 g/m² de gramaje.
- Matraces, probeta, picetas, vasos de precipitados, placas petri, pipetas volumétricas graduadas de 1, 5 y 10 ml, fioles de 100 ml, matraces Erlenmeyer de 250 ml, campana desecadora, Erlenmeyer con tapa esmerilada, embudos de separación, frascos de vidrio de 250 ml con tapa, microbureta de 10 ml, tamices N°. 200, 100, 60, 50 y 40 (marca: Retsch. Germany).

Reactivos químicos

- Ácido sulfúrico concentrado 98% de pureza, Catalizador (mezcla de K₂SO₄ + CuSO₄, 5H₂O, 9:1 y una pequeña cantidad de selenio), Hidróxido de sodio al 40%, Ácido sulfúrico 0,04 N, Hidróxido de sodio 0,04 N estandarizada (o Acido oxálico 0,04 N), Ácido oxálico, Almidón ((C₆H₁₀O₅)_n), Tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃), Yoduro de potasio (KI), Ácido acético glacial, Ácido sulfúrico 0,04 N, Hidróxido

de sodio 0,04 N estandarizada (o Acido oxálico 0,04 N), Indicador de Tashiro, Nitrato de potasio.

Medios de cultivo

- Agar glucosa extracto de levadura

3.3 METODOS ANALITICOS

3.3.1 Análisis físico sensorial

La evaluación sensorial de la harina de pota precocida se realizó según la tabla de análisis sensorial reportada por Lazo (2006), la misma que se muestra en el Anexo 1. Para la harina de quinua, harina de kiwicha, harina de arveja y polenta cruda de maíz, se solicitó al proveedor el certificado de calidad, además se realizó una inspección rápida de los siguientes factores: hermeticidad del empaque, olor, color y sabor del producto.

Prueba de preferencia

Para las muestras experimentales y el producto final se realizaron la degustación de las muestras, estas fueron codificadas y presentadas en platos descartables de color blanco en las que se colocaron 04 cucharitas plásticas con 4g de producto. Se cuidó que todas las muestras tuvieran la posibilidad de ocupar el primer lugar el mismo número de veces, para evitar el error por ordenamiento, codificándose estas de manera aleatoria.

En esta prueba se preguntó a los panelistas cuál de las muestras codificadas preferían. Se les solicitó que seleccionaran una, incluso si no estuvieran seguros. Las instrucciones y el orden en el que los panelistas debían evaluar las muestras se indicó en la cartilla respectiva (Anexo 4). Las muestras se presentaron simultáneamente, cada panelista evaluó cada muestra solamente una vez.

Prueba de aceptación

Para el producto final se realizó una prueba hedónica de 5 puntos. A los panelistas se les solicitó indicar cuanto les agradaba cada muestra, asignando un valor a cada atributo según la categoría reportada en la escala descendente bajo los siguientes atributos: sabor, olor, apariencia y textura (crocantes), se usó un rango de 1 a 5 puntos dentro de una escala hedónica, siendo 1: Me disgusta mucho, 2: No me gusta, 3: No me gusta, ni me disgusta, 4: Me gusta y 5: Me gusta mucho; en esta escala se les permitió asignar la misma categoría a más de una muestra. Se empleó un panel de 30 personas no entrenados de ambos sexos.

La granulometría de la harina de papa precocida, harina de quinua, harina de kiwicha, harina de arveja y polenta cruda de maíz se determinó según el sistema de mallas Retsch, sugeridas por Perry (1980), utilizando un tamizador con mallas Retsch N° <200, 200, 100, 60, 50 y 40 (<75, 75, 150, 250, 300 y 425 μm respectivamente).

3.3.2 Análisis químico proximal

Los análisis de la composición química proximal de la materia prima y producto final se realizaron según los procedimientos propuestos por la Association of Official Analytical Chemistry (AOAC, 2000). Los ensayos fueron realizados por triplicado.

3.3.3 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó siguiendo las recomendaciones dadas por Ingram *et al.* (1983); siendo los análisis realizados los exigidos por la RM N°451-2006/MINSA para los Productos cocidos de consumo directo como extruidos, expandidos, hojuelas instantáneas, otros similares.

3.3.4 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en las pruebas de preferencia y aceptación, fueron analizados estadísticamente utilizando el programa InfoStat 08.

Prueba de Friedman

La prueba de Friedman (1937) sirve para comparar J promedios poblacionales cuando se trabaja con muestras relacionadas. La situación experimental que permite resolver esta prueba es averiguar si los promedios de esos J tratamientos o medidas son o no iguales (Corder, 2009). El diseño está formado por J muestras o tratamientos relacionados y por una muestra aleatoria de n sujetos o bloques independientes entre sí e independientes de los tratamientos. El estadístico de Friedman (Fr) se distribuye según el modelo de probabilidad chi-cuadrado con J-1 grados de libertad. En esta prueba, se contrasta la hipótesis de que los J promedios comparados son iguales en la población:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_s \dots (12)$$
$$H_a : \tau_j \neq \tau_{j'} \text{ (para algún } j \neq j' \text{)}$$

Cuando el estadístico Fr, resulta negativo, para analizar que variables difieren entre sí se puede emplear la prueba de Wilcoxon para dos muestras relacionadas.

Prueba de Wilcoxon de comparaciones múltiples

La prueba de los rangos con signo de Wilcoxon (1945) es una prueba no paramétrica, utilizada para comparar dos mediciones de rangos (medianas) y determinar que la diferencia no se deba al azar. Para este estudio se establecieron las siguientes hipótesis.

$$H_0 : \tau_{j1} = \tau_{j2} = \dots = \tau_{js} \dots (13)$$
$$H_a : \tau_j \neq \tau_{j'} \text{ (para algún } j \neq j' \text{)}$$

3.4 DETERMINACION DE LA VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO EXTRUIDO

Test de valoración de la calidad de Karlsruhe

Se empleó la Tabla de valoración de la calidad de Karlsruhe adaptado a las características del snack extruido enriquecido con harina de papa precocida. Se consideró el nivel de inaceptabilidad del producto menor a 5,5 en la escala de Karlsruhe (Witting, 1981). El panel estuvo conformado por ocho jueces, todos ellos miembros de la Facultad de Pesquería de la UNALM.

Se realizó una primera sesión introductoria, en donde se definieron las características relevantes del snack extruido, tales como: color, apariencia, olor, sabor y textura. Se determinó la valoración de cada uno de ellos, así como las modificaciones a través del tiempo.

La evaluación consistió de siete sesiones, en cada una de ellas los jueces evaluaron las muestras correspondientes a las tres temperaturas de almacenamiento (35, 45 y 50 °C), cada muestra fue presentada sobre plato blanco y se utilizó agua como medio de neutralización. Se calculó la calidad según ponderación de las características consideradas en el test.

- Pruebas realizadas:

Actividad de agua (Aw)

Se empleó la medición directa de AquaLab Series 3 Model, para las semanas 0, 2, 3, 4, 6, 8 y 10 de evaluación.

Humedad

Se empleó la medición directa de la balanza de humedad, para la semana 0, 2, 3, 4, 6, 8 y 10 de evaluación.

Valor Peróxido

Se empleó el método modificado de Lea, sugerido por la Unión Química Internacional de Londres (Hernández A, 2010), para la semana 0, 2, 3, 4, 6, 8 y 10 de evaluación.

Análisis químico proximal

Los análisis de composición proximal se realizaron según los procedimientos propuestos por la Association of Official Analytical Chemistry (AOAC, 2000).

Recuento de mohos y levaduras

Siguiendo las recomendaciones dadas por Ingram et al. (1983), para la semana 0, 2, 3, 4, 6, 8 y 10 de evaluación.

3.5 PARTE EXPERIMENTAL

La figura 14 muestra el flujo general utilizado para elaborar un snack extrudido a base de cereales, leguminosas y harina de papa precocida. El flujo general fue elaborado en base las recomendaciones reportadas por Severson y Huber (2000) para la producción de cereales para desayuno directamente expandidos.

Una breve descripción del flujo, es la siguiente:

RECEPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Fueron recepcionados en bolsas herméticas selladas.

PESADO Y MEZCLADO

Las materias primas fueron pesadas según las proporciones determinadas en el cómputo químico. La mezcla de las materias primas se realizó manualmente dentro de un recipiente de acero inoxidable hasta lograr homogenizar dichos tratamientos.

ACONDICIONAMIENTO DE LA MEZCLA

Se determinó la humedad inicial de los tratamientos ensayados.

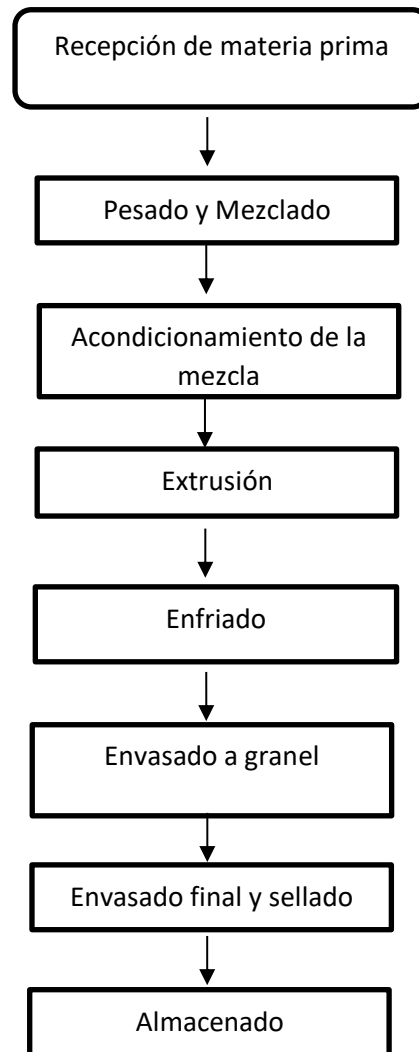


Figura 14: Flujo general para la elaboración de un snack extruido

EXTRUSIÓN

Se empleó un extrusor de alimentos de un tornillo simple con un sistema de alimentación por gravedad. La extrusión se realizó utilizando 5.0 kg de mezcla por cada corrida, y se desecharon los primeros 100 g hasta estabilizar el paso y la salida del material. El producto extruido se recibió en una paila de acero inoxidable.

ENFRIADO

El snack extruido se dejó enfriar por cinco minutos dentro de un contenedor de acero inoxidable.

ENVASADO A GRANEL

Se envasaron en bolsas de polietileno de baja densidad de 5 Kg.

ENVASADO FINAL Y SELLADO

El envasado final fue en bolsas de polipropileno biorientado (BOPP) metalizado de alta barrera, utilizando una selladora de mordaza.

ALMACENADO

Las muestras del snack extruido se almacenaron a temperatura ambiente (18°C), para su posterior análisis y/o caracterización de acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas.

Los ensayos experimentales fueron los siguientes:

3.5.1 Selección de cuatro formulaciones teóricas para elaborar el snack extruido

El computo químico fue realizado para formular las mezclas de los cereales, leguminosas y harina de papa precocida, según procedimiento descrito por FAO (1991) reportado por Young y Reeds (2002). Se usó como patrón de referencia el propuesto por WHO/FAO (1973). Se diseñaron seis formulaciones teóricas (FT₁, FT₂, FT₃, FT₄, FT₅ y FT₆), de las cuales se seleccionaron cuatro, las cuales fueron extruidas. Para la selección de las cuatro formulaciones se tuvo en cuenta la cantidad de proteína de la mezcla y el score de aminoácidos.

3.5.2 Determinación de la humedad adecuada para la mezcla

Se determinó la humedad adecuada para la mezcla de cada una de las cuatro formulaciones mediante el uso de la balanza de humedad. Este procedimiento consistió en colocar una muestra de 5g de cada mezcla en el plato de acero inoxidable y cerrar la compuerta de dicho equipo hasta que automáticamente se indique la humedad.

En base a las evaluaciones sensoriales (preferencia) se realizó las pruebas de análisis estadísticos (Friedman y Wilcoxon) para obtener las dos muestras con mejores características sensoriales, las cuales tendrá como codificación M y N.

Posteriormente se calculó la cantidad de agua requerida (Y) que se añadió a las dos formulaciones seleccionadas, con la finalidad de obtener otras humedades específicas (MH1, MH2, NH1 y NH2) las cuales tuvieron una diferencia entre ellas de un punto; estas se analizaron estadísticamente hallando la formulación final.

Para el cálculo de (Y) se empleó la siguiente fórmula:

$$(Pm \times Hm\%) + (Y \times 100\%) = (Pm + Y) \times (Hd)\% \dots (14)$$

Siendo Y:

$$Y = \frac{(Pm \times Hd\%) - (Pm \times Hm\%)}{(100 - Hd)\%} \dots (15)$$

Donde:

Y = Cantidad de agua para añadir a la mezcla final

Pm = Peso de la mezcla total (g)

Hm = Humedad de la mezcla

Hd = Humedad deseada

Al snack extruído se le realizaron dos evaluaciones, una de ellas fue el cálculo de Índice de Expansión (IE) según Kamejo (2005), calculado mediante la división del diámetro promedio de la muestra y el diámetro del dado de la salida del extrusor.

$$\text{Índice de expansión} = \frac{\text{Diámetro promedio de la muestra (cm)}}{\text{Diámetro del dado (cm)}} \dots (16)$$

Expansión:

Baja: Índice de expansión menor a 1.5

Mediana: Índice de expansión entre 1.6 y 2

Alta: Índice de expansión mayor a 2

Además, se calculó la densidad aparente (DA); para ello se llenó un vaso precipitado de volumen conocido (V conocido) con una cantidad de muestra también conocida (m muestra) y se aplicó fórmula universal conocida para el cálculo de la densidad:

$$DA = \frac{m_{\text{muestra}}}{V_{\text{contenido}}} \left(\frac{g}{l} \right) \dots (17)$$

3.5.3 Determinación de la velocidad adecuado del tornillo del extrusor

La formulación final del experimento anterior fue sometido a un proceso de extrusión con tres velocidades de tornillo distintas (V1, V2 y V3), analizándose los datos sensoriales respectivos (preferencia) y mediante las pruebas de análisis estadístico (Friedman y

Wilcoxon), se determinó la formulación final del snack extruido sobre la cual se determinará su vida útil.

Las velocidades del extrusor fueron modificadas mediante un controlador de velocidad instalado en dicho equipo. Las demás características físicas del extrusor se mantuvieron constantes, tales como: longitud del cañón, número de troques, tamaño y forma de tolva de alimentación, dado, tornillo y temperatura de trabajo.

Las velocidades que se emplearon fueron: 160 (V1), 180 (V2) y 150 (V3) RPM.

Posteriormente se determinó el Índice de Expansión (IE) y la Densidad Aparente (DA) bajo la misma metodología descrita anteriormente.

3.5.4 Determinación de la vida útil del snack extruido

Se determinó la vida útil del snack extruido mediante el uso de pruebas aceleradas, para esto se utilizó cámaras climáticas adaptadas a las temperaturas de 35°C, 45°C y 50°C, temperaturas recomendadas para pruebas de estabilidad en cereales (Fernández, García & Matínez, 2009) y a una humedad relativa de 85 % (siguiendo el patrón del reporte de humedad relativa promedio Lima Sep-2016- INEI. Asimismo, fueron evaluadas a una temperatura ambiente de 18°C (INEI, 2016), temperatura promedio del último trimestre del año 2016.

Para el test sensorial, se utilizó el Test de Karlshure, con una escala de valoración de la calidad elaborada en base a las características del snack extruido y a la proyección de posibles deterioros. Asimismo se analizó los resultados del análisis de actividad de agua, peróxido y mohos y levaduras con la finalidad de determinar, si este afecta en la inocuidad y/o calidad del producto.

Se escogieron ocho jueces, quienes evaluaron tres muestras por sesión, correspondientes a las temperaturas de almacenamiento.

Determinación de la Humedad Crítica

Aplicado a las muestras almacenadas a temperatura ambiental, se calculó la humedad permitida hasta que se considere un nivel de inaceptabilidad del snack extruido con un puntaje de 5.5 en la calidad total en la escala de Karlshure (Witting, 1981).

En el cuadro 19 se muestra la secuencia de muestreo del snack extruido

Cuadro 19: Secuencia de muestreo para análisis del snack extruido enriquecido con concentrado de proteínas de pota

Análisis	Temperatura de almacenamiento (°C)	Muestreo (semanas)
Sensorial	35°, 45°, 50°	0, 2, 3, 4, 6, 8, 10
Microbiológico (Mohos y levaduras)	35°, 45°, 50°	0, 2, 3, 4, 6, 8, 10
Humedad	35°, 45°, 50°	0, 2, 3, 4, 6, 8, 10
Grasa y Proteína	35°, 45°, 50°	0, 4, 10
Índice de peróxido	35°, 45°, 50°	0, 2, 3, 4, 6, 8, 10
Actividad de agua	35°, 45°, 50°	0, 2, 3, 4, 6, 8, 10

Determinación de los Parámetros Cinéticos

El modelo aplicado se basó en la ecuación de Arrhenius. El análisis matemático se puede resumir en los siguientes pasos.

1. Se determinó la humedad crítica.
2. Se determinó el orden de reacción respecto a la humedad a cada temperatura de evaluación en base al criterio de coeficiente de determinación (R^2). Aquel R^2 más cercano a 1 indicaría el orden del atributo.
3. Se calculó las constantes de velocidad de reacción experimentales (K) a 35°C, 45°C y 50°C con los datos sensoriales obtenidos.
4. A partir de las constantes de velocidades experimentales (K) obtenidas, se calcularon los parámetros cinéticos (E_A y k_0).
5. En base al modelo de Arrhenius se recalcularon las constantes de velocidad de reacción (K).
6. Se estimó un modelo cinético de cálculo de la vida útil del producto en función de la temperatura bajo distintas condiciones de almacenamiento. Se seleccionó la temperatura de almacenamiento ambiental para calcular la vida útil final del producto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 MATERIAS PRIMAS

4.1.1 Análisis físico sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial de la harina de pota precocida según la tabla propuesta por Lazo (2006) (Anexo 1), se muestra en el cuadro 20.

Cuadro 20: Resultados del análisis sensorial de la harina de pota precocida

CARACTERÍSTICAS	PUNTAJE
COLOR	Blanco lechoso
OLOR	Agradable y suave, ligero olor a pota
SABOR	Agradable y neutro, sin sabor a pota
TEXTURA	Suave al tacto y pulverulenta
Puntaje acumulado	12

La calificación de la harina de pota precocida fue 12 sobre una calificación de 12 puntos, por lo que se considera una materia prima adecuada para su consumo, según recomendaciones de Lazo (2006).

El color de la harina de pota precocida fue blanco lechoso, atribuido a un proceso de deshidratación adecuado y controlado teniendo especial atención a que no se genere la reacción de Maillard, en donde el producto final se tornaría opaco acaramelado.

En un proceso de secado, el calor permite la pérdida de proteínas y de vitaminas termolábiles, así como también la desnaturalización de las proteínas aumenta su digestibilidad, en algunos productos panarios se eliminan ciertos antinutrientes y puede ejercer un efecto antioxidante protegiendo a los lípidos de la oxidación (Franch, 2007).

Respecto al sabor, la harina de pota precocida no presentó ningún sabor característico al recurso pota; esta característica sería atribuida a la reducción de los compuestos nitrogenados no proteicos presentes en el músculo de pota por acción del lavado. Dichos compuestos son considerados los causantes de darle la característica de sabor amargo o ácido al músculo de esta especie (Lazo, 2006).

Carriozza (2000) y Yamanaka et al. (1995) citados por Maza et al. (2007-2008) reportan que el sabor desagradable del músculo de pota está relacionado con la presencia de componentes hidrosolubles, constituidos por altas concentraciones de elementos nitrogenados no proteicos, incluyendo principalmente el cloruro de amonio, además de trimetilamina, péptidos y aminoácidos, los cuales producen un sabor ácido amargo que limita el consumo directo y la comercialización del producto.

La harina de pota precocida fue calificada como concentrado de proteína tipo B, según las características del Anexo 2, reportado por Madrid et al. (1994), debido al ligero olor residual a marisco presente. Roldán (2002) indica que esas características pueden pasar desapercibidas fácilmente al mezclarse con otros ingredientes en caso de ser utilizado como insumo para alimentos enriquecidos. Asimismo, Autret (1978) mencionado por Bourgeois y Le Roux (1986), indica que los concentrados sin sabor a pescado se pueden utilizar en algunos países del tercer mundo para complementar la alimentación de niños pequeños (caldos, purés, cereales, etc) y para enriquecer los alimentos básicos de poblaciones donde el pescado no es apreciado (pan, pastas alimenticias, harina de cereales).

En el cuadro 21 se muestran los resultados del análisis granulométrico de las materias primas empleadas para la elaboración del snack extruído, mediante el sistema de mallas Retsch, sugeridas por Perry (1980).

Cuadro 21: Resultado del análisis granulométrico de las materias primas empleadas

N° DE MALLA	CANTIDAD RETENIDA (%)				
	Harina de pota precocida	Polenta cruda de maíz	Harina de Quinua	Harina de Kiwicha	Harina de Arveja
40	0.94	75.54	1.65	0.94	1.01
50	16.41	10.28	15.33	19.94	20.60
60	19.03	5.21	17.21	15.68	17.34
100	27.10	5.25	26.89	25.29	27.31
200	20.49	3.31	18.08	18.94	15.32
<200	16.03	0.23	20.84	19.21	18.42

Los resultados del cuadro 21 indicaron que la harina de pota precocida ha recibido una molienda muy fina, ya que el mayor porcentaje de la muestra (63.75%) atraviesa el tamiz de malla 100, similares características presentaron las harinas de quinua, kiwicha y arveja.

Lazo (2006) menciona que el mayor porcentaje de las partículas finas de la harina de pota precocida, contribuye a una mejor presentación del mismo, ya que se observó que el grado de molienda influye de manera directamente proporcional en el color, esto a su vez puede influir positivamente en la presentación de alimentos elaborados con dicha harina.

La polenta cruda de maíz con un promedio de diámetro de 0.25 mm no fue sometida a molienda antes de su ingreso al extrusor. Casas (1996) señala que las partículas muy finas,

dan una rápida gelatinización y una baja viscosidad del fluido, propiedades que no son convenientes.

Cuanta más gruesa sean las partículas, mayor será la temperatura de extrusión lo cual dará como resultado un producto con una estructura más abierta. Por el contrario, el uso complementario de cierta cantidad de partículas finas le brindará dureza y una mayor densidad al producto. Las presencias de demasiados finos pueden conllevar a serios problemas de operación en el extrusor y resultar productos que no cumplen los criterios de calidad. Cabe señalar que lo mencionado es verdadero para extrusores de tornillo simple, pues según autores como de la Guériviere citado por Harper (1981) quien trabajo con un extrusor Clextral de doble tornillo, concluyo que el tamaño de partícula resulta casi sin importancia en la evaluación (Harper, 1981)

Así también Mercier et al. (1998) menciona que el tamaño de partícula del producto a extruír es de calidad relevante para el procesamiento.

Harper (1981) explica que en extrusores monotornillo (como el usado en la investigación) las partículas muy finas no son adecuadas porque se funden rápidamente y la masa resultante no tiene un buen transporte.

4.1.2 Análisis químico proximal

Los resultados de los análisis de composición proximal realizados a las materias primas se muestran en el cuadro 22.

Cuadro 22: Resultados de los análisis de composición proximal realizada a las materias primas

COMPONENTES	RESULTADOS (%)				
	Harina de pota precocida	Polenta cruda de maíz	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha	Harina de Arveja
Proteínas	85.42	8.2	13.41	14.98	22.4
Grasas	2.65	1.9	5.9	7.46	0.98
Cenizas	4.84	2.9	2.6	2.84	2.5
Humedad	5.34	14.5	11.65	12.2	10.5

De acuerdo al cuadro 22, el contenido de proteínas de la harina de pota precocida es superado en un 0.52% por el reportado de Lazo (2006), y en un 0.56% al encontrado por Osorio (2009), esta pequeña diferencia puede ser atribuida a que la calidad de la harina de pota precocida como fuente de proteína depende del proceso de producción, grado de frescura y cantidad de lípidos de la pota (Anderson et al., 1993).

Asimismo, se indica que la concentración de proteína se incrementa por la extracción de agua, grasas, espigas y otros materiales. (G, San Pedro y M. López-Benito, 1979), motivo por el cual al transformarse la materia prima en harina esta incrementa su valor proteico.

El alto contenido de proteína en la harina de pota precocida (85.42%) nos sugiere que con el uso de pequeñas cantidades podríamos satisfacer las necesidades de proteínas en la dieta diaria, y sería posible su uso como fuente de proteína animal en la formulación de un alimento enriquecido para consumo humano.

Es de entender que se deben encontrar formulaciones de alimentos para consumo humano donde no predomine exageradamente ningún aminoácido esencial, debido a efectos nocivos por una especie de antagonismo entre estos mencionados que originan un balance de nitrógeno negativo por pérdidas de proteínas (García, 1990).

El contenido de grasa es menor en un 0.05 % respecto a Lazo (2006), y menor en 3.14% al reportado por Osorio (2009). Guy (2002) señala que el contenido de grasa mayor a 6% en las materias primas ocasiona problemas durante la extrusión.

Respecto al contenido de ceniza, al reportado por Lazo (2006) supera en 0.12%, y el de Osorio (2009) en un 0.95%. Estas variaciones pueden ser debido a que la composición química de la pota depende del sexo, tamaño, alimentación, localización y temporada de captura, etc magnesio (Armenta, 2006).

El contenido de humedad es menor en 10.0% similar a lo reportado por Lazo (2006) y Osorio (2009). Al respecto, Enercom (2004) indica que al secar la harina de pescado a porcentajes de humedad que oscilan entre 7 y 10% se asegura bajar la actividad de agua a valores inferiores a 0.65 lo cual impide que los microorganismos tengan actividad al no poder obtener sus alimentos en forma soluble.

Lazo (2006) indica que el bajo valor de humedad impide o retarda el crecimiento microbiano, sin embargo, acelera la oxidación de lípidos que contiene. Estudios realizados por Zama et al. (1978) mencionado por Grantham (1984) indican que la oxidación de lípidos también se acelera al disminuir la actividad de agua de un producto.

4.1.3 Análisis microbiológico

Los resultados del análisis microbiológico realizado al concentrado proteico de pota se muestran en el cuadro 23.

Cuadro 23: Resultados del análisis microbiológico de la harina de pota precocida para consumo humano

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	RESULTADOS
Aeróbeos mesófilos	< 10 ufc/g
Coniformes _ Bacterias coliforms, E. Coli	Ausencia
Bacillus cereus _ S. aureus	Ausencia
Mohos	< 10 ufc/g
Levaduras	< 10 ufc/g
Salmonella en 25g	Ausencia

Se puede observar en el cuadro 23 que los resultados corresponden a un producto que cumple con las determinaciones microbiológicas de los CPP del tipo B reportados por Madrid et al. (1994), confirmando así la adecuada limpieza e higiene en el flujo experimental del procesamiento.

4.2 PARTE EXPERIMENTAL

4.2.1 Selección de cuatro formulaciones teóricas para elaborar el snack extruido

En el cuadro 24 se muestran las formulaciones teóricas (FT₁, FT₂, FT₃, FT₄, FT₅ y FT₆) en base a las materias primas mencionadas (harina de pota precocida, polenta cruda de maíz, harina de quinua, harina de kiwicha y harina de arveja), además de adicionar el arroz y leche en polvo a la formulación, tomando en consideración para esta modificación el aporte al cumplimiento de los requerimientos de aminoácidos para consumo humano según FAO/OMS (1985),

El cuadro 24 señala en la novena columna la cantidad proteica de la mezcla, la décima columna muestra el aporte calórico, la onceava columna señala el aminoácido en menor concentración (aminoácido limitante) y la doceava columna indica el valor del score de aminoácidos.

Cuadro 24: Formulaciones teóricas

F	Polenta cruda de maíz	Harina de pota precocida	Harina de Quinua	Harina de Kiwicha	Harina de Arveja	Arroz	Leche en polvo	Proteína de la mezcla	Aporte calórico (Kcal/100)	Aminoácido en menor conc.	Score aminoácidos
FT₁	60	4	20	0	10	6	0	12.89	334.32	Triptófano	82.8
FT₂	60	4	15	0	6	15	0	12.31	335.40	Triptófano	85.5
FT₃	60	4	0	15	0	18.5	2.5	14.51	334.87	Lisina	96.7
FT₄	60	5	0	15	5	15	0	13.96	334.55	Triptófano	95.3
FT₅	60	5	0	13	0	22	0	13.14	335.6	Lisina	95.6
FT₆	60	5	8	7	10	10	0	14.09	334.67	Triptófano	89.3

Por medio del cálculo del cómputo químico se realizaron pruebas en el extrusor, donde se ensayaron hasta un 10% de inclusión de harina de pota precocida en la formulación, determinándose que la concentración adecuada debe ser mínima (entre 4% y 6%) debido a que mucha proteína concentrada genera que el producto extruido final resulte muy duro e inaceptable para el paladar, por lo que concluyó con solo dos concentraciones para su aplicación (4% y 5%).

La concentración de polenta cruda de maíz fue de 60% para todos los casos. Basados en las recomendaciones de Harper (1981) las cuales indican que para extrusores monotornillo (como el usado en la investigación) las partículas muy finas no son adecuadas porque se funden rápidamente y la masa resultante no tiene un buen transporte, se definió a la polenta cruda de maíz como el ingrediente que aportó el tamaño adecuado final a la formulación.

La inclusión de leche en polvo (FT3) mejoró el contenido de aminoácidos y el cómputo químico en comparación con las otras formulaciones, este aporte confirmó las bondades de este insumo como fuente de proteína animal. La limitación de su uso es el mayor costo y su fácil caramelizarían en altas temperaturas.

El contenido energético de las mezclas muestra que este se incrementa a medida que aumenta el nivel de concentrado proteico de pota utilizado y aumenta aún más al añadir la leche en polvo. Sin embargo, estos valores se encuentran muy cercanos debido a las variaciones de los otros ingredientes.

Los aminoácidos limitantes en las 6 formulaciones descritas fueron el triptófano (FT1, FT2, FT4, y FT6) y la lisina (FT3 y FT5), sin embargo, el score de aminoácidos es superior a 80; valor mínimo recomendado, respecto al contenido de proteínas y aminoácidos por la NTP 280.206 para formulación de mezclas para consumo infantil.

Tanto la lisina como el triptófano son nutrientes importantes para la síntesis de proteína corporal, así como los demás aminoácidos esenciales. Cuando el suministro de triptófano en la dieta es limitante en relación a otros aminoácidos esenciales, se reduce la producción de vitamina B3 (niacina), necesaria para el metabolismo de las grasas y proteínas, para mejorar la circulación de los vasos sanguíneos, para el control del sueño y la actividad muscular. Así como sucede con el bajo nivel de Lisina en la alimentación, se reduce la absorción adecuada de calcio, afecta el equilibrio de nitrógeno en adultos, disminuye producción de colágeno (que forma parte del cartílago y tejido conectivo) así como la producción de anticuerpos y la estimulación de la hormona del crecimiento.

La selección de las cuatro formulaciones teóricas (FT1, FT3, FT4 y FT5) se basó en el mayor contenido de proteínas y el mejor score de aminoácidos de la mezcla formulada. En la tabla 25 se muestran las formulaciones teóricas seleccionadas, las cuales fueron sometidos al proceso de extrusión.

Según Mercier et al (1989), el mínimo porcentaje de humedad de alimentación para la extrusión es de 10%, en el caso de extrusoras de bajo costo, humedades de alimentación mayores de 20% originan un resbalamiento del material dentro del cilindro. Según Gonzáles, et al. (2002); el material debe poseer una granulometría adecuada y uniforme, y humedades que varíen entre 10 y 35%.

Cuadro 25: Composición química de las formulaciones teóricas seleccionadas

Componentes (%)	Formulaciones teóricas seleccionadas			
	FT ₁	FT ₃	FT ₄	FT ₅
Proteína	12.89	14.51	13.96	13.14
Grasa	2.20	2.04	2.08	1.93
Fibra	2.33	1.18	1.45	1.15
Ceniza	2.91	2.77	2.74	2.59
Carbohidratos	68.95	69.32	68.53	69.52
Humedad de la mezcla	12.23	12.55	10.88	12.76

Las cuatro formulaciones seleccionadas (FT1, FT3, FT4 y FT5) fueron consideradas adecuadas para realizar un proceso experimental de extrusión y fueron extruidas bajo los mismos parámetros: 160RPM de velocidad de tornillo y un dado de forma cilíndrica de 0.4cm de diámetro; estas fueron posteriormente evaluadas sensorialmente según los atributos de sabor, olor, crocantes y aspecto por 30 evaluadores utilizándose una escala hedónica de 5 puntos.

La figura 15 muestra los puntajes promedio obtenidos por atributos a las cuatro formulaciones elaboradas.

Se observa que respecto a los cuatro atributos evaluados la FT5 fue la que recibió un mayor calificativo, siendo el aspecto el atributo que más agrado a los degustadores.

La FT4 fue la que obtuvo la menor calificación promedio, siendo el sabor el atributo que menos aceptaron los degustadores.

En el cuadro 26 se observa el porcentaje de calificación para cada snack extruido; se determinó que la FT5 fue la única que obtuvo un calificativo de 5 (Me gusta muchísimo) en el 20% de los evaluadores, por ello esta muestra fue seleccionada.

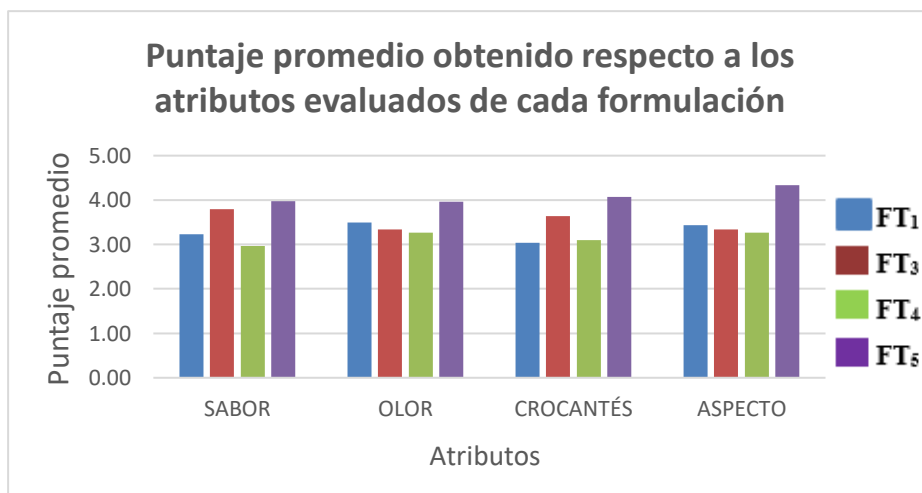


Figura 15: Puntaje promedio obtenido respecto a los atributos evaluados de cada formulación

Las FT₁ y FT₄ mostraron un mayor porcentaje (63% y 70% respectivamente) de calificativo 3 (No me gusta, ni me disgusta). Así mismo se observa que no hubo formulaciones con un puntaje de 1 (no me gusta) o 2 (me desagrada) en la escala de calificación.

Cuadro 26: Porcentaje de calificación para cada snack extruido

	Me gusta muchísimo	Me gusta	No me gusta ni me disgusta	No me gusta	Me desagrada
FT₁	0%	37%	63%	0%	0%
FT₃	0%	70%	30%	0%	0%
FT₄	0%	30%	70%	0%	0%
FT₅	20%	80%	0%	0%	0%

En el cuadro 27 se muestran los estadísticos descriptivos de las cuatro formulaciones extruidas y el estadístico de Friedman (1937). Se observa que la muestra FT₅ obtuvo los mayores valores de Friedman, siendo estos: sabor (3.20), olor (3.15), crocantes (3.38) y aspecto (3.52), analizando el p-valor obtenido para cada atributo, se determinó que todos ellos difieren significativamente.

Cuadro 27: Estadísticos descriptivos y prueba de Friedman de las formulaciones extruidas

	Estadísticos descriptivos			
	Sabor	Olor	Crocantes	Aspecto
FT₁, X ± DE	3.20 ± 0.71	3.5 ± 0.57	3.03 ± 0.49	3.43 ± 0.77
FT₃, X ± DE	3.8 ± 0.71	3.33 ± 0.76	3.63 ± 0.81	3.33 ± 0.8
FT₄, X ± DE	2.97 ± 0.67	3.26 ± 0.45	3.10 ± 0.76	3.27 ± 0.69
FT₅, X ± DE	4.00 ± 0.68	3.96 ± 0.67	4.07 ± 0.64	4.33 ± 0.55
	Rango promedio			
Prueba de Friedman				
FT₁	2.13	2.55	1.85	2.25
FT₂	2.88	2.18	2.8	2.18
FT₃	1.78	2.12	1.97	2.05
FT₄	3.20	3.15	3.38	3.52
F	15.32	7.66	19.41	13.21
p (5%)	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	< 0.0001

El cuadro 28, presenta los atributos que obtuvieron un mayor F en la prueba de Friedman, (sabor y crocantes), y los cuales se analizaron según la prueba de Wilcoxon (1945).

Debido a que el p es menor a 0.05 (valores resaltados dentro del cuadro 29), se rechaza la hipótesis nula de Wilcoxon que denota la homogeneidad de las muestras comparadas, por lo que concluimos que respecto al sabor FT1/ FT3, FT1/ FT5, FT3/ FT4 y FT4/ FT5 muestran diferencias significativas; respecto a las crocantes FT1/ FT3, FT1/ FT5 y FT4/ FT5 también difieren significativamente.

Cuadro 28: Prueba de Wilcoxon para el atributo sabor y crocantes de las muestras extruidas

MUESTRA	SABOR	CROCANTÉS
	P	p
FT ₁ / FT ₃	0.0285	0.3734
FT ₁ / FT ₄	0.3794	> 0.9999
FT ₁ / FT ₅	0.0311	0.003
FT ₃ / FT ₄	0.042	0.091
FT ₃ / FT ₅	0.9999	0.052
FT ₄ / FT ₅	0.0226	0.0358

La muestra FT4 fue la que presentó mayor dureza y la FT1 una sensación “chiclosa” con presencia de granos sin cocción. La muestra FT5 fue la que obtuvo un mejor puntaje respecto a las crocantes debido a que para los panelista este se asemejaba a los snacks extruidos comerciales.

La muestra FT1 tuvo un sabor ligeramente amargo, y la muestra FT5 un sabor que algunos miembros del panel consideraban sabor a maíz, mientras que otros imperceptible.

La muestra FT4 fue la que obtuvo un menor tamaño, lo que no fue tan atractivo para el panel evaluatorio, la muestra FT5 obtuvo un mayor tamaño además de una forma corrugada que llamó la atención por asemejarse mucho a los snacks extruidos comerciales.

Ninguna muestra obtuvo un resultado negativo respecto al olor; además de no reportarse ninguna semejanza con el olor al recurso pota.

De las pruebas estadísticas se extrae que los parámetros más importantes y que marcaron la decisión dentro del panel evaluatorio fueron la crocantes, y en segundo lugar, el sabor.

Al respecto, Anderson et al. (1981) estudiaron las características organolépticas de los productos extruidos con respecto a la fibra, determinaron que a mayor cantidad de fibra se tiene un color más oscuro y sabor más amargo; también, los productos con alto contenido de fibra resultan poco expandidos, por lo que la separación de este tiene un efecto benéfico en el proceso de extrusión.

En el cuadro 25 podemos observar que los valores de fibra para la muestra FT5 son los más bajos, siendo los de FT1 y FT4 los que presentan mayores porcentajes; estas muestras no lograron una expansión adecuada, resultando en las más duras al momento de consumirlas, además de las que tuvieron un menor tamaño.

Posteriormente; FT1, FT3, FT4 y FT5 fueron sometidas a una prueba de preferencia con la finalidad de escoger las dos formulaciones con mayor calificación.

En la figura 16 se presenta el porcentaje de preferencia de cada uno de los snacks extruidos a partir de FT1, FT3, FT4 y FT5.

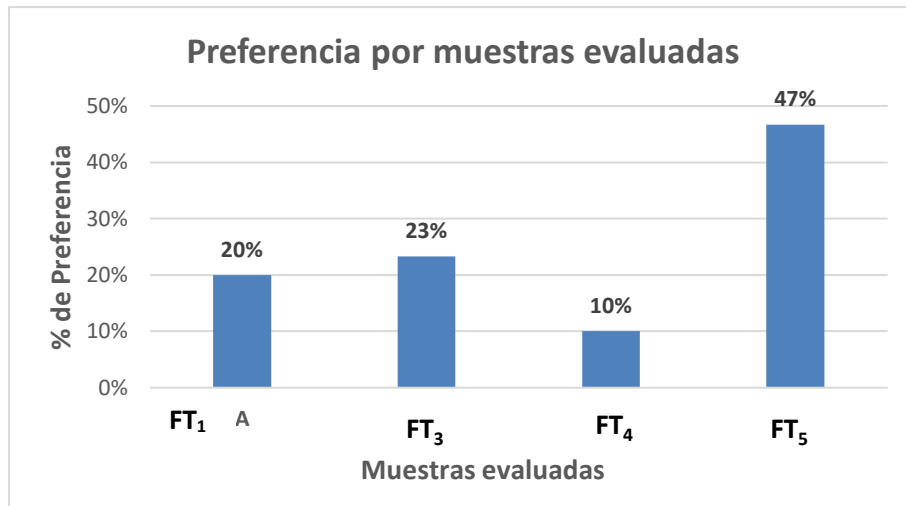


Figura 16: Porcentaje de preferencia por muestras evaluadas

Según los resultados, se concluyó que la muestra FT5 tuvo mayor grado de preferencia (47%) seguido de la muestra FT3 (23%).

Se concluyó que las dos muestras seleccionadas para la siguiente etapa de la investigación fueron: FT3 y FT5.

4.2.2 Determinación de la humedad adecuada para la mezcla

Se aplicó la fórmula 15 sobre la FT3 y FT5 para calcular la cantidad de agua que se debe agregar a la mezcla para obtener dos variantes de cada una de las formulaciones mencionadas, las cuales fueron sometidas posteriormente al proceso de extrusión. En la tabla 29 se detalla el valor de humedad teórica y humedad experimental para FT3 y FT5, así como la cantidad de agua que se debe agregar a sus variantes para obtener la humedad teórica que se determinó por medio pruebas preliminares verificando principalmente la maquinabilidad de las mezclas humectadas bajo los distintos niveles.

Se trabajó bajo una nueva codificación con la finalidad de que el panel evaluatorio de las pruebas sensoriales posteriores no encuentren una relación con el primer experimento, y el

que a continuación se detalla. La nueva codificación de las formulaciones es la siguiente:

FT₃ = M y FT₅ = N

Cuadro 29: Humedad experimental de la mezcla y cantidad de agua para agregar a cada variante de las formulaciones a extruir.

	M (FT ₃)	MH ₁	MH ₂	N (FT ₅)	NH ₁	NH ₂
Humedad teórica de la mezcla	12.55	12.6	13.6	12.76	13.3	14.3
Humedad experimental de la mezcla (%)	10.6	-	-	12.3	-	-
Cantidad de agua para agregar (ml/5kg)	-	91.53	138.88	-	46.13	93.34

Según los resultados, la diferencia entre la humedad teórica y la calculada de la mezcla podría deberse a que cada valor teórico estuvo basado en definidas características, tales como: zona de cultivo, forma de extracción, temporada, etc.

Las seis formulaciones (M, MH₁, MH₂, N, NH₁, NH₂) fueron extruidas y posteriormente evaluadas sensorialmente según los atributos de sabor, olor, crocantes y aspecto por el total de evaluadores, de igual forma se utilizó una escala hedónica de 5 puntos.

La figura 17 muestra los puntajes promedio obtenidos por atributos de los snacks extruidos (M, MH₁, MH₂, N, NH₁, NH₂)

Se observa además que el snack extruido MH1 fue el que recibió un mayor calificadorio, siendo el aspecto el atributo que más agrado al panel evaluatorio, el que obtuvo el menor puntaje promedio fue el NH1, siendo el sabor el atributo que menos fue aceptado.

En el cuadro 30 se observa el porcentaje de calificación para cada snack extruido; se determinó que la muestra MH1 fue la que obtuvo el calificativo más alto, siendo este de 5 (Me gusta muchísimo) en 17% de los evaluadores, por ello esta muestra fue seleccionada.

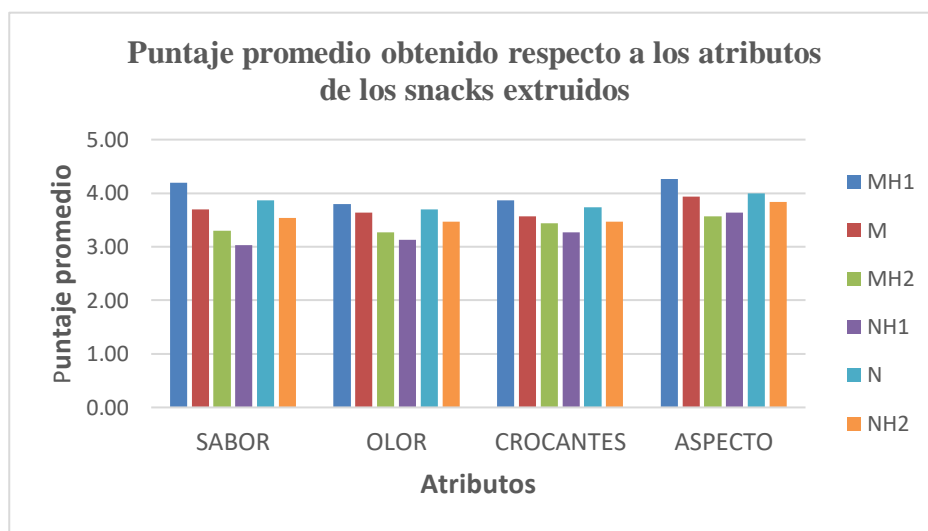


Figura 17: Puntaje promedio obtenido respecto a los atributos evaluados de cada muestra

Se observó que ninguna muestra obtuvo un calificativo de 2 (No me gusta) o menor a este.

En el cuadro 31 se muestran los estadísticos descriptivos de los seis snacks extruidos y el estadístico de Friedman (1937). Se observa que la muestra MH1 obtuvo mayores valores de sabor (4.75), olor (4.13), crocantes (4.27) y aspecto (4.27), analizando el p-valor obtenido para cada atributo se determinó que todos ellos difieren significativamente.

Cuadro 30 : Porcentaje de calificación para cada snack extruido

Muestra	Me gusta muchísimo	Me gusta	No me gusta ni me disgusta	No me gusta	Me desagradada
MH ₁	17%	77%	6%	0%	0%
H	0%	93%	7%	0%	0%
MH ₂	0%	83%	13%	0%	0%
NH ₁	0%	77%	23%	0%	0%
N	7%	83%	10%	0%	0%
NH ₂	0%	73%	27%	0%	0%

El cuadro 32, presenta los atributos que obtuvieron un mayor F en la prueba de Friedman (crocantes y aspecto), según la prueba de Wilcoxon (1945).

Debido a que es el $p < 0.05$ (valores resaltados dentro del cuadro 32), se rechaza la hipótesis nula de Wilcoxon que denota la homogeneidad de las muestras comparadas, por lo que concluimos que respecto a la crocantes MH₁/M, MH₁/MH₂ y MH₁/NH₁ muestran diferencias significativas; respecto al aspecto MH₁/NH₁ y NH₁/MH₂ también difieren significativamente.

La muestra MH₂ resultó ser un poco más dura sensorialmente que la MH₁, por lo que determinamos que, al aumentar la humedad de la mezcla, esta disminuye el valor de su calificadorio.

Cuadro 31: Estadísticos descriptivos y prueba de Friedman para cada snack extruido

	Estadísticos descriptivos			
	Sabor	Olor	Crocantes	Aspecto
MH₁, X ± DE	4.20 ± 0.61	3.80 ± 0.9	3.87 ± 0.63	4.27 ± 0.78
M, X ± DE	3.70 ± 0.7	3.63 ± 0.67	3.57 ± 0.68	3.94 ± 0.74
MH₂, X ± DE	3.30 ± 0.53	3.26 ± 0.78	3.43 ± 0.50	3.57 ± 0.77
NH₁, X ± DE	3.03 ± 0.72	3.13 ± 0.57	3.27 ± 0.45	3.63 ± 0.76
N, X ± DE	3.86 ± 0.63	3.70 ± 0.75	3.73 ± 0.74	4.00 ± 0.59
NH₂, X ± DE	3.53 ± 0.73	3.47 ± 0.68	0.47 ± 0.68	3.83 ± 0.70
Prueba de Friedman	Rango promedio			
MH₁	4.75	4.13	4.27	4.27
M	3.67	3.78	3.57	3.5
MH₂	2.85	2.88	3.25	2.88
NH₁	2.2	2.82	2.77	3.02
N	4.18	3.95	3.9	3.82
NH₂	3.25	3.43	3.25	3.52
F	4.65	3.8	13.87	13.04
p (5%)	<0.0001	0.0029	0.0025	0.0122

Cabe destacar que ninguna obtuvo un calificadorio negativo respecto al olor. Respecto al sabor la muestra NH1 y MH1 presentaron un sabor ligeramente amargo debido a que al tener una mayor cantidad de agua el producto se quemó ligeramente en el proceso productivo.

De las pruebas estadísticas se extrae que el atributo más importante en la evaluación sensorial analizando el factor humedad de la mezcla fue la crocantes, en segundo lugar el aspecto.

Cuadro 32: Prueba de Wilcoxon para el atributo crocantes y aspecto de las muestras evaluadas

MUESTRA	CROCANTES	ASPECTO
	P	P
MH ₁ /M	0.005	0.34
MH ₁ /MH ₂	0.026	0.14
MH ₂ /M	0.68	0.25
MH ₁ /NH ₁	0.045	0.023
MH ₁ /N	0.48	0.11
MH ₁ /NH ₂	0.345	0.61
NH ₁ /NH ₂	0.94	0.064
NH ₂ /N	0.48	0.19
NH ₁ /MH ₂	0.35	0.014
NH ₁ /M	0.12	0.085

Se analizaron de igual forma los resultados de las evaluaciones físicas (IE y DA) aplicados a cada formulación extruida del segundo experimento. En el cuadro 33 se muestra los resultados de los mismos.

La figura 18 muestra la relación que existe entre las evaluaciones físicas y la humedad de la mezcla para las formulaciones M, MH1 y MH2.

Con respecto al IE, se obtiene el mayor valor para M y disminuye a medida que la humedad de la mezcla aumenta, esto debido a que al tener una menor humedad la fricción interna de la mezcla durante la extrusión aumenta y se obtiene una mayor intensidad de transformación del almidón, logrando que el nivel de expansión del extruido sea más alto.

Asimismo, se determina que el IE y el grado de cocción son características directamente proporcionales para el producto extruido; cabe resaltar que, a mayor relación de compresión

y menor diámetro de dado, mayor será la presión alcanzada (mayor intensidad de los esfuerzos de corte) y por lo tanto mayor será el grado de cocción.

Cuadro 33: Índice de expansión y densidad aparente para cada formulación extruida

	VARIABLES INDEPENDIENTES		VARIABLES RESPUESTA	
	Humedad de la mezcla (%)	Velocidad de tornillo (rpm)	IE	DA
FT₃	M = 10.6	160	3.25	71.14
	MH ₁ = 12.6	160	2.71	79.61
	MH ₂ = 13.6	160	2.44	82.33
FT₅	N = 12.3	160	3.18	69.37
	NH ₁ = 13.3	160	2.96	75.06
	NH ₂ = 14.3	160	2.58	84.15

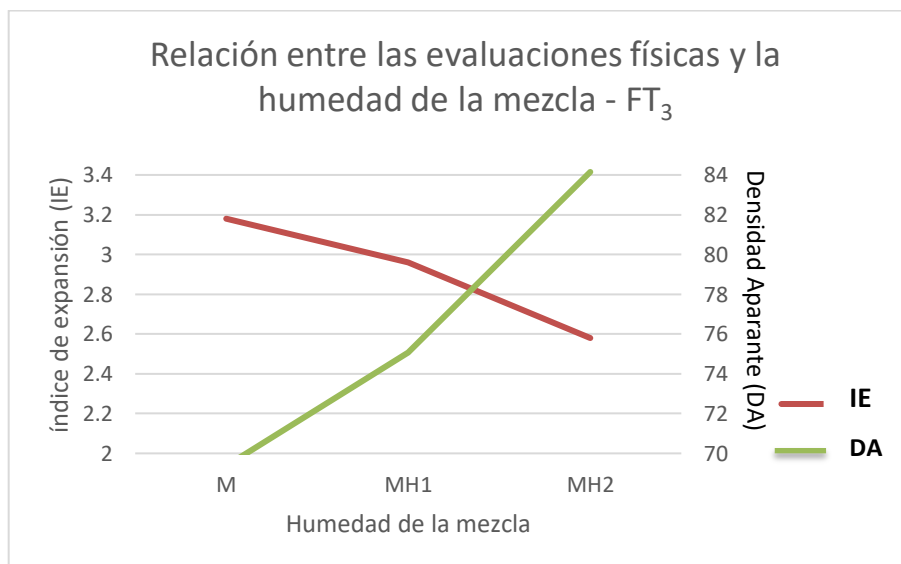


Figura 18: Relación entre las evaluaciones físicas y la humedad de alimentación de las muestras M, MH₁ y MH₂.

El IE y DA son factores indirectamente proporcionales (González, et al, 2003); al aumentar el grado de cocción (GC), se obtiene una estructura con paredes de poros más delgadas, resultando un producto, menos expandido, menos denso, menos duro y menos resistente. Debido a esto al aumentar la humedad de la mezcla en cada formulación analizada, aumentó la densidad aparente.

La figura 19 muestra la relación que existe entre las evaluaciones físicas y la humedad de la mezcla para las formulaciones N, NH1 y NH2.

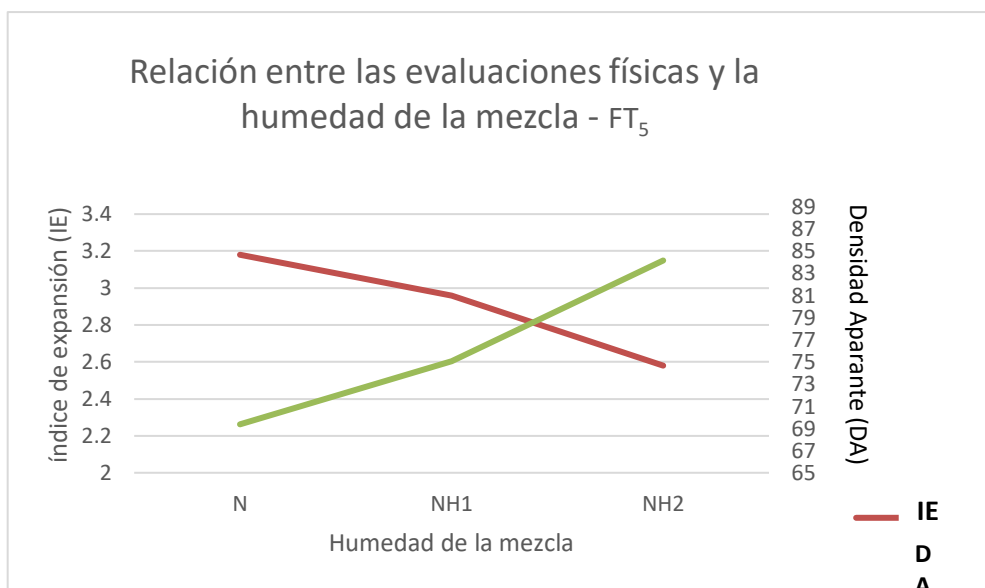


Figura 19: Relación entre las evaluaciones físicas y la humedad de alimentación de las muestras N, NH₁ y NH₂

La muestra N tuvo un mayor grado de cocción y una menor dureza sensorial y el NH₂, el de mayor humedad de la mezcla, fue calificado como el “más duro”.

En la figura 19 se muestra el porcentaje de los panelistas que prefirieron cada una de los snacks extruidas a partir de las formulaciones seleccionadas (MH₁, M, MH₂, NH₁, N y NH₂)

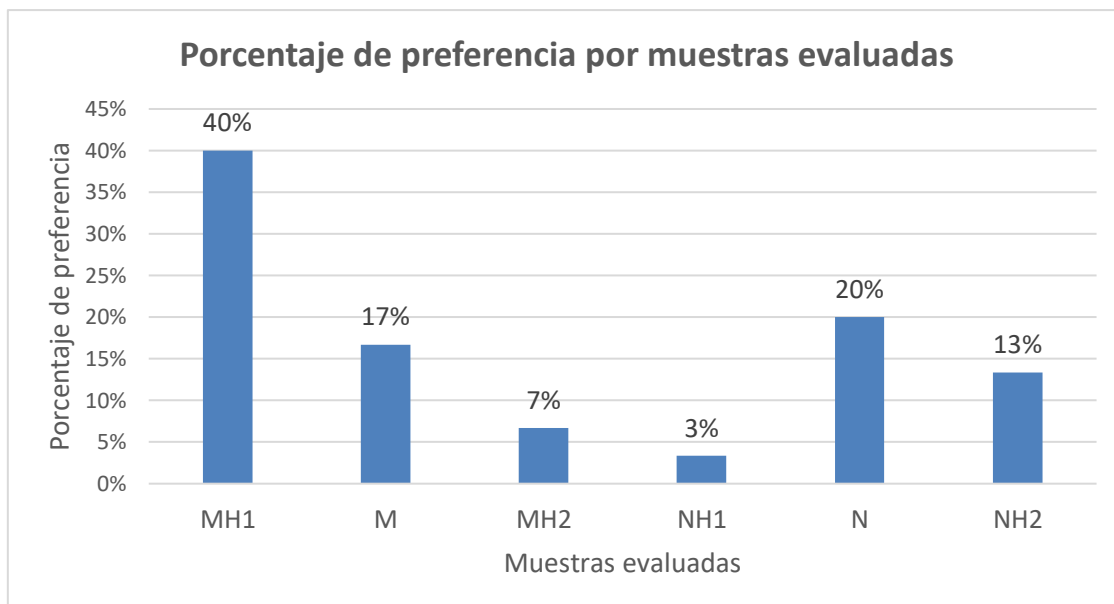


Figura 20: Porcentaje de preferencia por muestras evaluadas

Los resultados del panel evaluatorio indican que la muestra MH1 tuvo mayor grado de preferencia (40%) seguido de la muestra N (20%).

Se concluye que la muestra seleccionada para la siguiente etapa de la investigación fue MH1.

4.2.3 Determinación de la velocidad adecuado del tornillo del extrusor

Se evaluaron tres diferentes valores de velocidad de tornillo del extrusor para la formulación MH1. La tabla 34 muestra las velocidades del tornillo aplicadas al proceso de extrusión.

Cuadro 34: Velocidades del tornillo aplicadas al proceso de extrusión

V₁	V₂	V₃
160 RPM	180 RPM	150RPM

La figura 20 muestra los puntajes promedio obtenidos por atributos para cada una de los snacks extruidos elaborados.

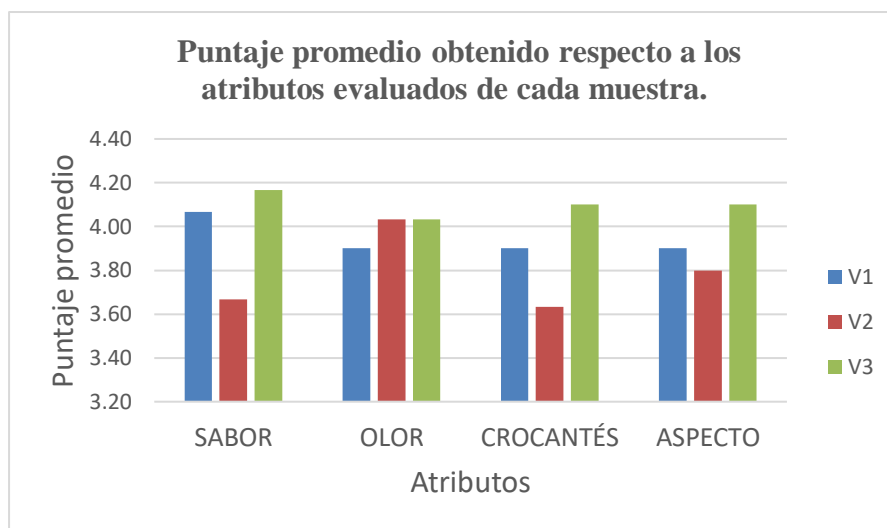


Figura 21: Puntaje promedio obtenido respecto a los atributos evaluados para cada uno de los snacks extruidos

Se observa que respecto a los cuatro atributos evaluados la muestra V3 fue la que recibió un mayor calificadorio, siendo el aspecto sabor el atributo que más agrado a los degustadores.

La muestra V2 fue la que obtuvo el menor puntaje promedio, siendo las crocantes el atributo que menos aceptaron los degustadores.

En el cuadro 35 se observa el porcentaje de calificación para cada snack extruido; se determinó que la muestra V3 fue la que obtuvo el mayor calificadorio, siendo este 5 (Me gusta muchísimo) con un porcentaje de 27%, por ello esta muestra fue seleccionada.

Se observó que ninguna muestra obtuvo un calificadorio de 2 (No me gusta) o menor a este.

Cuadro 35: Porcentaje de calificación para cada snacks extruido

Muestra	Me gusta muchísimo	Me gusta	No me gusta ni me disgusta	No me gusta	Me desagrada
V₁	7%	87%	7%	0%	0%
V₂	3%	83%	13%	0%	0%
V₃	27%	70%	3%	0%	0%

El cuadro 36 muestra los estadísticos descriptivos de las 3 muestras evaluadas y el estadístico de Friedman (1937). Se observa que la muestra V3 obtuvo mayores valores de sabor (2.12), crocantes (2.20) y aspecto (2.18), analizando el p-valor obtenido para cada atributo se determinó que todos ellos difieren significativamente.

Para la prueba de Wilcoxon se muestra el cuadro 37, en donde se analizaron los atributos que obtuvieron un mayor F en la prueba de Friedman, siendo estos: sabor y crocantes.

Debido a que el p es menor a 0.05 (valores resaltados dentro del cuadro 37), se rechaza la hipótesis nula de Wilcoxon que denota la homogeneidad de las muestras comparadas, por lo que concluimos que respecto al sabor V1/V2 y V3/V2 muestran diferencias significativas; respecto al atributo crocantes ninguna de las muestras presenta diferencias significativas.

Cuadro 36: Estadísticos descriptivos y prueba de Friedman para cada snack extruido

	Estadísticos descriptivos			
	Sabor	Olor	Crocantes	Aspecto
V₁, X ± DE	4.07 ± 0.61	3.90 ± 0.9	3.90 ± 0.63	3.90 ± 0.78
V₂, X ± DE	3.66 ± 0.7	4.03 ± 0.67	3.63 ± 0.68	3.81 ± 0.74
V₃, X ± DE	4.17 ± 0.53	4.03 ± 0.78	4.10 ± 0.50	4.10 ± 0.77
Prueba de Friedman	Rango promedio			
V₁	2.12	1.93	2.11	1.97
V₂	1.63	2.05	1.70	1.85
V₃	2.25	2.02	2.20	2.12
F	5.36	3.16	4.16	1.39
p (5%)	0.0001	0.085	0.002	0.0026

Cuadro 37: Prueba de Wilcoxon para el atributo sabor y crocantes para cada snack extruido

	SABOR	CROCANTES
V₁/ V₂	0.005	0.34
V₁/ V₃	0.68	0.14
V₃/ V₂	0.021	0.25

La muestra V3 fue la que tuvo un sabor más agradable (maíz ligeramente dulce), en cambio la muestra V2 fue la que tuvo un sabor ligeramente diferente (ligeramente quemado), por medio de la Prueba de Wilcoxon, se corrobora que la muestra V3 y V2 tienen diferencias significativas.

Respecto a la crocantes evaluada en los tres snacks extruidos, estos no presentaron diferencias significativas, según los panelistas las muestran se encontraban completamente cocidas por dentro y con una crocantes adecuada, muy similar a los cereales comerciales.

Respecto al olor no hubo puntaje negativo, por lo que se determinó que la variación de velocidad del tornillo del extrusor no afecto la presencia de olor a pota en el producto final. Se concluye que la muestra seleccionada para la siguiente etapa de la investigación es: V3.

De las muestras estadísticas se extrae que el atributo más importante en la evaluación sensorial analizando el factor velocidad del tornilo del extrusor fue el sabor y en segundo lugar la crocantes.

Se analizaron de igual forma los resultados de las evaluaciones físicas (IE y DA) aplicados a cada snack extruido, en el cuadro 38 se muestra los resultados de los mismos.

Cuadro 38: Resultados de las evaluaciones físicas para cada snack extruido

	VARIABLES INDEPENDIENTES		VARIABLES RESPUESTA	
	Humedad de la mezcla (%)	Velocidad de tornillo (rpm)	IE	DA
MH₁	12.6	V ₁ = 160	3.11	76.55
	12.6	V ₂ = 180	2.66	85.04
	12.6	V ₃ = 150	3.36	66.76

La figura 21 muestra la relación que existe entre las evaluaciones físicas y la velocidad de tornillo de la extrusora.

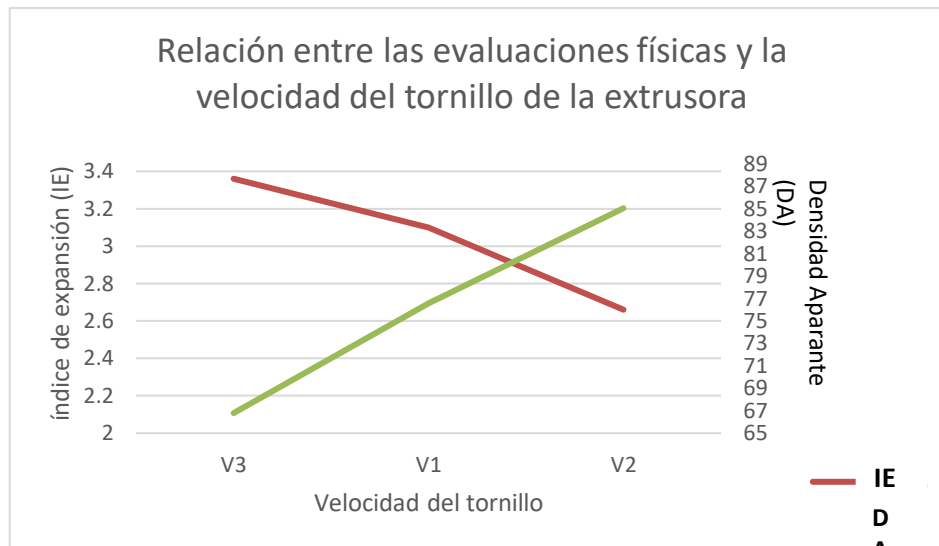


Figura 22: Relación entre las evaluaciones físicas y la velocidad de tornillo de la extrusora

Con respecto al IE, se obtiene el mayor valor para V3 y disminuye a medida que la velocidad del tornillo del extrusor disminuye, esto se debe a que a una mayor velocidad de rotación de tornillo, disminuye el tiempo de residencia y por lo tanto se genera un menor grado de cocción, además de contar con una mayor gradiente de velocidad y mayor intensidad de los esfuerzos de corte producidos; dicha intensidad dependerá tanto de las características propias del material (dureza, forma, distribución de las partículas etc.) como del nivel de fricción alcanzado, que a su vez depende de la presión y de la humedad. Es importante destacar que las transformaciones se producen en tiempos cortos y menores al tiempo de residencia medio (González et al , 2002).

La muestra V2 obtuvo un nivel de expansión menor y un DA superior al de las otras muestras, para el panel evaluatorio esta muestra fue calificada como ligeramente quemada, y dura; esto debido a que, al tener una humedad de la mezcla relativamente baja, y una velocidad del tornillo del extrusor mayor, el producto produjo alta fricción del material dentro del cañón, haciendo que se quemara ligeramente, y el producto salga rápidamente que no permita que su nivel de expansión logre los niveles óptimos.

En la figura 22 se presenta el porcentaje de los panelistas que prefirieron cada una de los snacks extruidos a partir de las formulaciones seleccionadas (V1, V2 y V3).

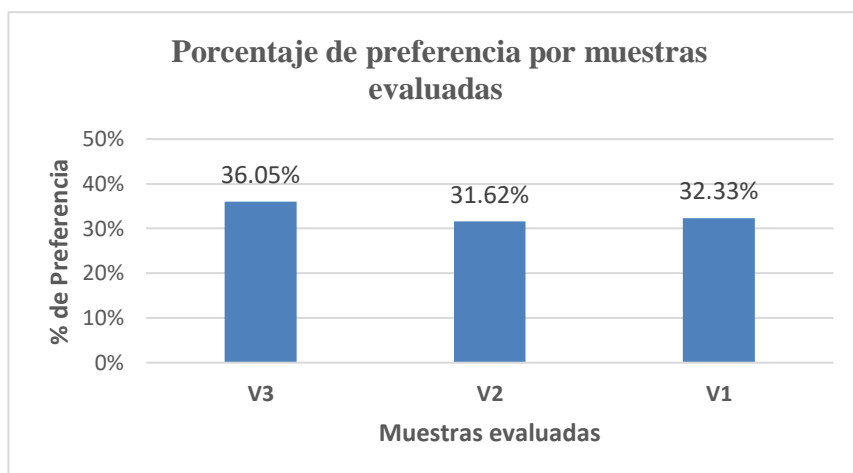


Figura 23: Porcentaje de preferencia por cada snack extruido

Los resultados del panel evaluatorio indican que la muestra V3 tuvo mayor grado de preferencia (36.05%) seguido de la muestra V1 (32.33%). Se concluye que la muestra seleccionada en esta investigación corresponde a la V3.

A continuación, se presenta el cuadro 39 que muestra el análisis químico proximal teórico vs. real para la muestra V3.

Cuadro 39: Análisis químico proximal teórico vs. real del snack extruido seleccionado

Componentes	V ₃	
	Formulación final teórica (por ciento)	Formulación final real (por ciento)
Proteína	14.51	16.80
Humedad	12.55 (de la mezcla)	5.35 (del extruido)
Grasa	2.04	1.89
Fibra	1.18	1.05
Ceniza	2.77	2.01
Carbohidratos	69.32	61.31

Los valores de proteína, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos no difieren en grandes proporciones de la formulación teórica; las diferencias encontradas pueden ser consideradas propias de las variaciones individuales de resultados proximales de las materias primas.

El valor de humedad calculado teóricamente correspondía a la cantidad de agua que contiene la mezcla en evaluación, siendo debido al proceso de extrusión y las altas temperaturas que esta disminuye hasta un valor de 5.35 de cantidad de agua en el snack extruido final.

4.2.4 Determinación de la vida útil del snack extruido

Para el cálculo de la vida útil del snack extruido escogido V3 se tomó en cuenta el factor humedad como principal característica para el deterioro, además de ser evaluado sensorialmente por medio del Test de Karlshure adaptado al producto en estudio (Anexo 3). Asimismo, como complemento de la evaluación se determinó el valor de calidad total a partir del puntaje promedio obtenido por los atributos para cada muestra almacenada de snack extruido a temperaturas de 35, 45 y 50°C durante 10 semanas de evaluación.

Se tomó en cuenta los valores de peróxido y mohos y levaduras (Anexo 6); en las tres temperaturas de evaluación no se detectó valores de peróxido mayores a 10 meq. O₂/kg por lo cual se corroboró lo dispuesto por Lara y Mejía (2004) donde se concluyó que los productos extruidos con bajo porcentaje de grasa (1.89) no mostraban niveles de peróxidos que afecten directamente la vida útil del extruido final.

Respecto a los niveles de mohos y levaduras, se determinó que a temperaturas mayores la cantidad de mohos y levaduras aumentaba, siendo estos directamente relacionados por el aumento de la humedad y la actividad de agua presente en el producto Othon-Serna (1996). La actividad de agua máxima dentro del periodo de experimentación fue de 0.75; según Badui (1999) el valor máximo de actividad de agua para que un producto se mantenga estable bajo condiciones adecuadas de almacenamiento es de 0,86, siendo la cantidad de agua disponible la adecuada para que no se presente un desarrollo microbiano que afecte la vida útil del producto.

Todos los atributos se analizaron por Tukey con respecto a la temperatura de almacenamiento y al tiempo (variables independientes), ya que presentaron diferencias significativas. Los atributos de color, olor, sabor, crocantes, aspecto y calidad total también se analizaron por Tukey con respecto a los jueces (variable independiente), ya que éstos también presentaron diferencias significativas. El valor de las medias están en un rango muy estrecho lo que indica que la desviación no fue grande al trabajar con un 95% de confianza (Anexo 5).

Las diferencias significativas entre los jueces se pueden deber al hecho de que ningún juez estuviera acostumbrado a consumir extruido de papa frecuentemente en su dieta, por otra parte, no se contó con un suficiente número de jueces que permitiera descartar a los que presentaron diferencias significativas.

El cuadro 40 muestra los valores de calidad total y humedad del snack extruido a una temperatura de 18°C para cada semana de evaluación.

Cuadro 40: Calidad total y humedad del snack extruido a una temperatura de 18°C para cada semana de evaluación

Tiempo (semanas)	Calidad total	Humedad
0	8.7	5.35
2	8.7	5.37
3	8.4	5.49
4	8.3	5.57
6	7.6	6.05
8	7.2	6.27
10	6.7	6.55

La figura 23 muestra la gráfica de calidad total vs. humedad del snack extruido a una temperatura de 18°C obtenida con los datos de la tabla 40, de esta forma se calculó la ecuación de la recta en donde se reemplazó la calidad total de 5.5 puntos (nivel de inaceptabilidad según Witting, 1981) y se obtuvo una humedad crítica de 7.33%.

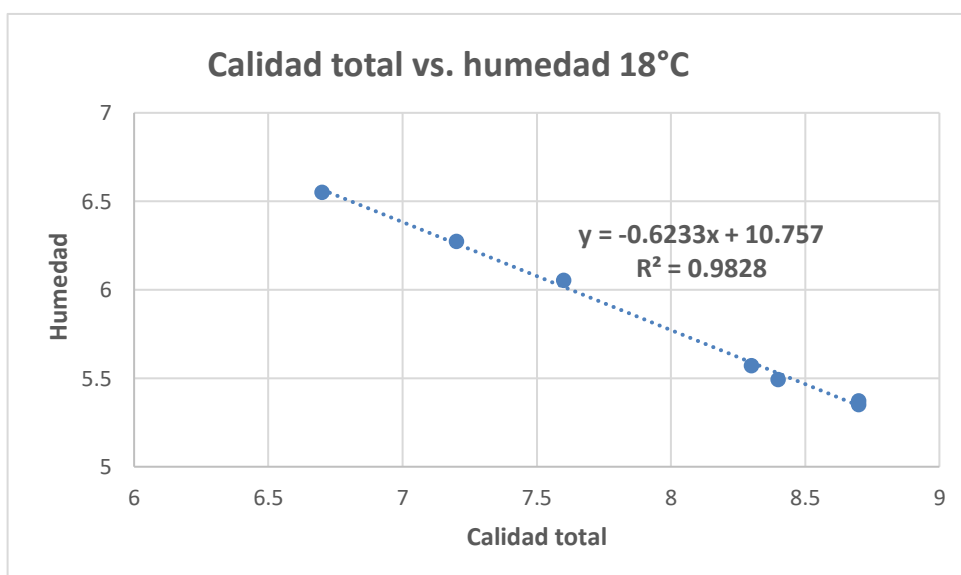


Figura 24: Gráfica de calidad total vs. Humedad del snack extruido a 18°C

El cuadro 41 muestra los coeficientes de determinación a cada temperatura de almacenamiento para el orden cero y orden uno de reacción; por lo tanto la cinética de

reacción de la humedad del snack extruido fue de orden cero por presentar los coeficientes de determinación (R²) más altos.

Cuadro 41: Coeficientes de determinación de humedad del snack extruido

	Temperatura (°C)	R ²	
		Orden Cero	Orden Uno
Humedad	35	0.9717	0.9539
	45	0.9926	0.9781
	50	0.9924	0.9682

Color rojo: Mayores R²

La figura 24 muestra la variación de la humedad del snack extruido con respecto al tiempo y temperatura de almacenamiento.

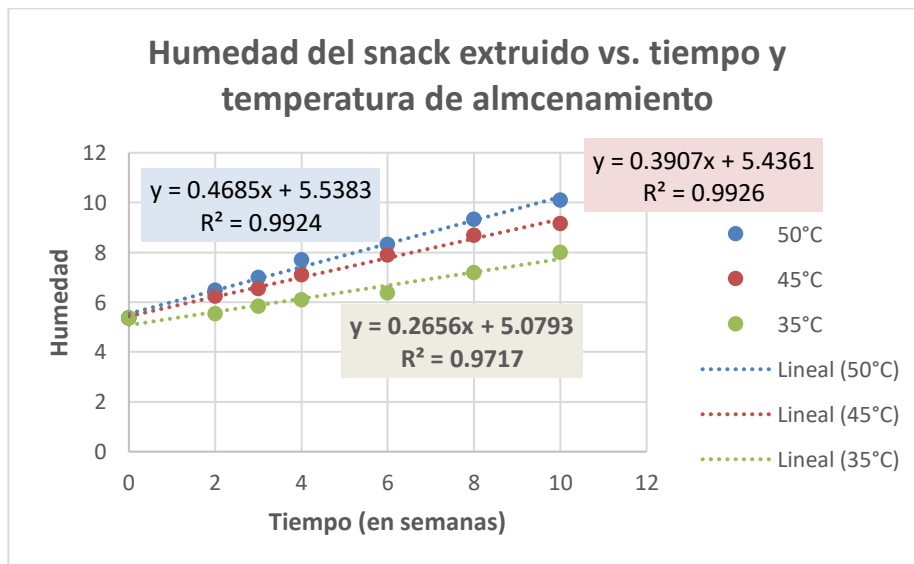


Figura 25: Variación de la humedad del snack extruido con respecto al tiempo y temperatura de almacenamiento

Se observa una tendencia de incremento de la humedad del snack extruido en el tiempo respecto a las tres temperaturas de almacenamiento. La temperatura de almacenamiento

aumenta la humedad de las muestras, además de disminuir la calidad de los distintos atributos sensoriales, y por ende disminuye la calidad total del producto (Hough y col., 2005).

El cuadro 42 muestra los valores de K obtenidos en la cinética de deterioro con respecto a la variación de la humedad de los snacks extruidos almacenados a distintas temperaturas.

Cuadro 42: Valores de K y T de los snacks extruidos a distintas temperaturas

Muestra	T	K (sem ⁻¹)
35°C	308.15	0.2656
45°C	318.15	0.3907
50°C	323.15	0.4685

La figura 25 muestra la ecuación de Arrhenius.

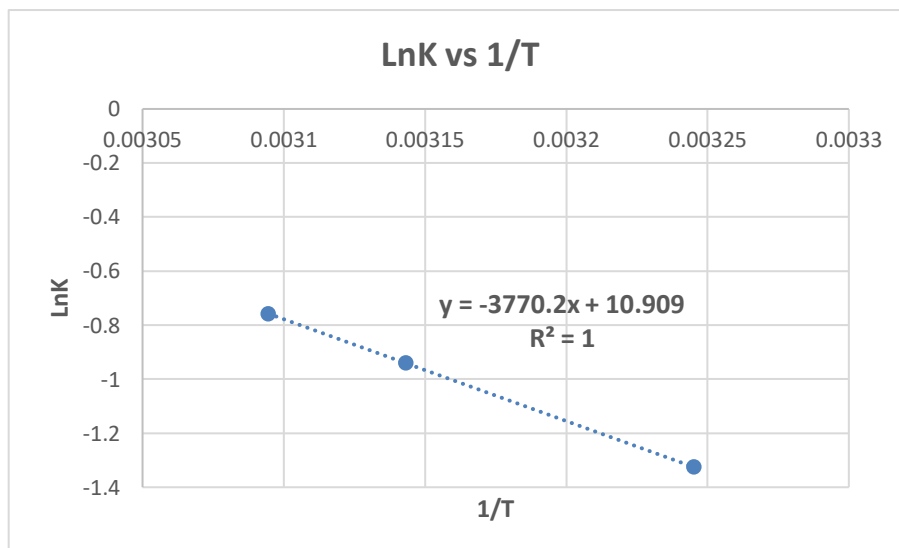


Figura 26: Relación de la calidad total con la temperatura de almacenamiento

A partir de la pendiente del gráfico y el valor independiente de la figura 25 se calculó la energía de activación (E_a) y el factor pre-exponencial (K_0) utilizando la ecuación (3)

$$E_a = 3770.2 * R = 3770.2 * 1.986 \text{ (cal/mol)} = 7487.62 \text{ (cal/mol)}$$

$$K_0 = e^{10.909} = 5.4666 * 10^4 \text{ (semanas)}^{-1}$$

Por medio de la ecuación (7) se calculó la constante de velocidad de reacción a una temperatura de 18°C (K_{18}). El cuadro 43 muestra los parámetros a usar en la ecuación (5) para el cálculo del tiempo de vida útil (t).

Siendo,

$$k = k_0 e^{\left[-\frac{E_a}{RT}\right]} \dots (7)$$

$$K_{18} = 5.4666 * 10^4 * e^{\left(-\frac{7487.62}{1.986 * 273.15 + 18}\right)} = 0.1299 \text{ (semanas)}^{-1}$$

Cuadro 43: Parámetros para el cálculo de la vida útil del snack extruido

Parámetro	Valor
Ea (Kj/mol)	7.487
K₀ (día)⁻¹	5.46 * 10 ⁴
A₀ (%)	5.35
A (%)	7.33
T (°C)	18
T (°K)	291.15
N	0
K₁₈	0.1299

Siendo,

$$A = A_0 \pm kt \dots (5)$$

$$7.33 = 5.35 + 0.1299(t)$$

$$t = 15.24 \text{ (semanas)}$$

$$\mathbf{t = 15 \text{ semanas}}$$

V. CONCLUSIONES

1. Se logró elaborar un snack extruido a base de polenta cruda de maíz, complementado con harina de papa precocida, arroz, harina de kiwicha y leche en polvo de buena aceptabilidad, envasado en bolsa de polipropileno bilaminado.
2. El flujo de proceso del snack extruido, fue el siguiente: recepción de la materia prima, pesado y mezclado, acondicionamiento de la mezcla, proceso de extrusión, enfriado, envasado a granel, envasado final, sellado y almacenado.
3. La formulación óptima para el snack extruido, fue el siguiente: 4% de HPP, 18.5% de Arroz, 60% de Polenta cruda de maíz, 15% de Harina Kiwicha y 2.5% de Leche en polvo.
4. Los parámetros adecuados para el snack extruido fueron: humedad de la mezcla de 12.6% a una velocidad de tornillo del extrusor de 150RPM.
5. El snack extruido final tiene un índice de expansión de 3.36 y una densidad aparente de 66.76 g/l, además de tener una forma redonda con un diámetro promedio de 1.3cm, color crema, sin presencia de olor y sabor a papa y totalmente extruido lo cual resalta su atributo crocante.
6. La composición química del snack extruido final, fue el siguiente: 16.8% de proteína, 5.35% de humedad, 1.89% de grasa, 1.05% de fibra, 2.01% de ceniza y 61.31% de carbohidratos.
7. Microbiológicamente el snack extruido tuvo un resultado de < 10 ufc/g para los aeróbeos mesófilos, mohos y levaduras y un resultado de ausencia para las bacterias coliformes, bacillus cereus y salmonella, siendo estos valores conformes respecto a las evaluaciones exigidas por la RM N°451-2006/MINSA.
8. No se detectó valores de peróxido mayores a 10 meq. O₂/kg en ninguna de las etapas, siendo este factor no determinante en el tiempo de vida útil en productos extruidos que cuentan con bajo porcentaje de grasa (1.89).

9. La vida útil del snack extruido envasado en polipropileno bilaminado (BOPP) metalizado, utilizando métodos acelerados de cinética química de deterioro de la calidad total bajo una ecuación lineal de orden cero es de 15 semanas.

VI. RECOMENDACIONES

1. Escalar el proceso de obtención de snack extruido enriquecido con harina de papa precocida a nivel de planta piloto.
2. Elaborar un estudio técnico-económico con la finalidad de evaluar su viabilidad.
3. Obtener snack extruido enriquecidos con concentrado proteico de otro recurso hidrobiológico, con la finalidad de darle valor agregado y diversificar su utilización.
4. Evaluar la vida útil del producto final con otros tipos de envases para determinar el que logre un tiempo de vida más prolongado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adrian, J. Y Frangne, R. 1990. La Ciencia De Los Alimentos De La A La Z. Acibia S.A. España.317p. 249-278.
2. Aguirre, J. 2003. Utilización de la tecnología de coccion-extrusion de bajo costo en el procesamiento de quinua (*chenopodium quinoa* Willd). Tesis. UNALM. LIMA-PERU. 183p. 125-136.
3. Alamo, V. y Valdivieso, V. 1987. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Ol. Inst. Mar Perú – Callao. Improffset. Callao, Lima, 173p. 114-116.
4. Alegre, Ana, Ménard,. 2014. Comprehensive model of jumbo squid *Dosidicus gigas* trophic ecology in the Northern Humboldt Current System. 9: 564-586.
5. Andersson, Y, Hedlund, B, Jonsson, L y Svensson, S. 1981. Extrusion cooking of a high fiber cereal product with crispbread character. *Cereal chemistry*. 58:5 370-374.
6. AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1995. Official Methods Analysis. 15th edition. Editado por Kenneth Helrurch Arlington. Vol I. pp 3-5 Vol II pp 42-44.
7. Argüelles, Juan, Tafur, Ricardo, Taípe, Anatolio, Villegas, Piero, Keyl, Friedeman, Dominguez, Noel y Salazar, Martín. 2008. Size increment of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* mature females in Peruvian waters 1989-2004. *Progress in Oceanography* 79: 308-312.
8. Arias-García. RM. 2007. Condiciones de operación de extrusores de tornillo simple para mezclas de harina de trigo.Parte 2: Montaje, arranque y operación de una planta industrial. *Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ, México)*. 22(2):53-66.
9. Armenta, A. F. 2006. Elaboración y evaluación de vida de anaquel de salchichas tipo frankfurter a partir de músculo de calamar gigante (*Dosidicus gigas*)". Tesis de Título. México: Instituto tecnológico de los Mochis 145p, 85-89.
10. ASTM, 2011. Standard Guide for Sensory evaluation methods to determine the sensory shelf life of consumer products. West Conshohocken, United States. 415p.
11. BADUI, S. 1999. Química de los alimentos. Alhambra Mexicana. México.716p.
12. Bhatia CR y Rabson R. 1987. Relationship of grain yield and nutritional quality. In: Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement. Eds: Olson R.A. y Frey K.J. Serie Agronomy No. 28. 511 p.

13. Bláskovic, Verónica, Alegre, Ana y Tafur, Ricardo. 2008. Depredación del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) sobre los principales recursos pesqueros del litoral peruano durante el 2007. Informe Técnico, Instituto del Mar del Perú. Callao, 32p.
14. Bourgeois, C y Le Roux, P. 1986. Proteína animales. Editorial El Manual Moderno. Mexico, D.F 346p. 256-284.
15. Camarena, F. Cerrate, A. Chiappe, L. Huaranga, A. 1990. El cultivo de arveja. Programa de investigación de leguminosas y oleaginosas. UNALM. Lima. 29p 5-9.
16. Carrillo, L. 1996. Estudio de la elaboración de marinado de pota (*Dosidicus gigas*). Tesis Ingeniero Pesquero, UNALM, Lima 77p.
17. Casas, J. 1996. Evaluación de los parámetros de extrusión de una mezcla de harina de habas y maíz usando el método de superficie de respuesta. Tesis UNALM. Lima Perú. 119p.
18. CASP, A. y ABRIL, J. 1999. Procesos de conservación de alimentos. Ediciones Mundi - Prensa. Coedición. España. 493 p.
19. Castro Montero Eduardo, D. H. 2007. Parámetros mecánicos y textura de los alimentos. La Habana - Cuba: Universidad de Chile. 279-303.
20. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN) del Instituto Nacional de Salud. Lima, 2009. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 10-12.
21. Chávez, Francisco P., Bertrand, Arnaud, Guevara-Carrasco, Renato, Soler, Pierre, y Csirke, Jorge. 2008. "The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. Progress in Oceanography". Editorial Elsevier. Volúmen 79. 95–105.
22. Chen J; Serafín FL; Pandya RN and Daun H. 1991. Effects of extrusion conditions on sensory properties of corn meal extrudates. J Food Sci. 56 (1), 84-89.
23. Christensen, Villy, De la Puente, Santiago, Sueiro, Juan Carlos, Steenbeek, Jeroen & Majluf, Patricia. 2014. Valuing seafood: The Peruvian fisheries sector. Marine Policy, 44: 302-311.
24. Cisneros, F 2000. Extrusión de alimentos. Curso de extrusión. USIL. Lima-Perú. 245p.
25. Collazos, C; Alvistur, E; Vasquez, J; Quiroz, M; Herrera N. y Robles N. 1996. Tablas peruanas de composición de los alimentos. Séptima edición. Lima, Perú.
26. Corder, G.W. and Foreman, D.I. Nonparametric statistics for non-statisticians: a step-by-step approach. Hoboken (USA): Wiley, 2009, 247p.

27. Córdova, J. 2016. Efecto del polvo protéico de pota (*Dosidicus gigas*) como insumo para la elaboración de yogurt. Tesis para optar por el grado de Magister en Ciencias de los Alimentos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 104 p.
28. Cugíño, M. 2008. Desarrollo de Alimentos Precocidos por Extrusion a Base de Maiz-Leguminosa. Instituto de Tecnologia de los Alimentos (ITA) Facultad de Ingenieria Quimica. Argentina. 90p. Consultado el: 15 de enero 2015. Disponible en:<https://tecgranosysemillas.files.wordpress.com/2013/05/desarrollo-de-alimentos-precocidos-por-extrusic3b3n-a-base-de-mac3adz-leguminosa.pdf>
29. Curia, A., Fizman, S., Gámbaro García, A., Garitta, L., Gómez Melis, G., Hough, G. 2005. Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. (G. Hough, & S. Fizman, Edits.) Madrid, España: Programa CYTED.549p.
30. De Lucio, Luis, Solano, Amado, Rebaza, Victor, Alfaro, Santos, Tresierra, Alvaro y Campos, Sarita. 2013. La pesca artesanal marina en la Región La Libertad, Perú. Informe del Instituto del Mar Del Perú, 40: 31–134.
31. Del Carpio, Luis y Vila, Benjamín. 2010. El mercado de productos pesqueros en la región metropolitana de Lima. Proyecto -Mejoramiento del acceso a los mercados de Productos Pesqueros y Acuícolas de la Amazonia- CFC/FAO/OINFOPECA. 112p.
32. Delhaye P.E., Vázquez H., Herrera I. y Garrido R. 1997. Snacks de maíz enriquecidos con fibra dietética y carotenoides de la harina de zanahoria (*Daucus carota*) procesados por extrusión. Revista de la Facultad de Agronomía 23: 235-248. Disponible en:
http://www.academia.edu/27334451/The_northern_Humboldt_Current_System_Brief_history_present_status_and_a_view_towards_the_future
33. Dominic, Man. 2004. Caducidad de los alimentos. Editorial. Acribia. 120p 109-111.
34. Enercom. 2004. ¿Cómo elegir el mejor secado para la harina de pescado? En Chile Pequero. Año 27. Número 137. Abril 2004, pp14-15.
35. Estévez A.M., Escobar B., Zacarías I. y Hurtado M.L. 2003. Evaluación nutricional y almacenamiento acelerado a 37 °C de mezclas de frejol y maíz fritos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 53 (1): 70-73.
36. FAO 1981. Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas (en línea). Ginebra. Consultado 12 dic 2013. Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T00.htm>

37. FAO. 2014. The State of the World Fisheries and Aquaculture 2014 (FAO). Rome, 223p. Consultado: 10 de enero, 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>
38. FEDNA, 1993. El proceso de extrusión en cereales y habas de Soja. I. Efecto de la extrusión sobre la utilización de nutrientes. Consultado en: 24 de enero 2017. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Extrusi%C3%B3n_y_su_efecto.pdf
39. FENNEMA, 2000. Química de los alimentos. Acribia. Zaragoza. España. 1250 p.
40. Fernández, J., García, T., & Matínez, R. 2009. Evaluación de la vida útil de los alimentos. Caracas, Venezuela.
41. G, San Pedro y M. López-Benito. 1979. Concentrado de proteína a partir de residuos de pescado procedentes de la industria de la transformación. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España). Consultado el: 05 de enero 2017. Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/90691/1/Concentrado_proteina_residuos.pdf
42. Giraldo, G. I. 1999. Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos. Monografía. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
43. González, R.J.; Torres, R. L.; De Greef, D.M. 2002. “Extrusión-Cocción de Cereales”. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 36(2): 104-115.
44. Gordon, R. L. 1993. Food Packaging: Principles and Practices. New York: Marcel Dekker.
45. Gutiérrez D.R., Cárdenas V.O.G., Alarcón V.C., Garzón T.J.A., Milán C.J. Armienta A.E. y Reyes M.C. 2008. Alimentos para niños preparado con harinas de maíz de calidad proteínica y garbanzo extruidos. INTERCIENCIA 33 (12): 868-874.
46. Guy, R. 2002. Extrusión de los alimentos: Tecnología y aplicaciones- editorial Acribia. S.A Zaragoza, España. 249p 98-112.
47. Haller AD. 2008. Evaluación de las condiciones de extrusión necesarias para elaborar harina de maíz con características similares a las de una harina nixtamalizada. Tema de Tesis para el Magister de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la F.I.Q. -U.N. L Septiembre. 146p 56-89.
48. Harper, J.M. (1981). Extrusion of foods. Vol. I. Published by CRC. Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. 658p 452-436.

49. Hernandez. R, Selke S, Culter J. 2000. *Plastics Packaging properties, processing, applications, and regulations*. Hanser Gardner Publications, INC., Cincinnati. 102-103,328-337.
50. Hurtado M., Escobar B. y Estévez, A.M. 2001. Mezclas legumbre/cereal por fritura profunda de maíz amarillo y de tres cultivares de frejol para consumo “snacks”. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 5: 303-308.
51. Ibarra, L. R. (2006). “Efectos sobre la calidad y funcionalidad del músculo de manto de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) sometido al almacenamiento en hielo”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Bioquímico. México: Instituto Tecnológico de Tepic. 126p.
52. Illanes, 2004. *Envase flexible plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria*. Tesis como parte de los requisitos para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería de alimentos. Chile 2004. 325p.
53. IMARPE. 2009^a. *Bioecología y pesquería del recurso pota *Dosidicus gigas* en la costa norte del Perú (en línea)*. Lima, PE. Consultado 12 de diciembre 2017. Disponible en: http://www.imarpe.gob.pe/paita/conferencias/pota_paita09.pdf
54. IMARPE. 2015. *Situación del Calamar Gigante durante el 2015 y perspectivas de pesca para el 2016*. Consultado en: 15 de agosto 2017. Disponible en: <http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/SituacionCalamar2015Perspec2016.pdf>
55. IMARPE, 2009. *Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú (marzo de 1996) – Instituto del Mar del Perú – Instituto Tecnológico Pesquero del Perú*. 26p.
56. IMARPE/ITP. 1996. *Compendio Biológico Tecnológico de las Principales Especies Hidrobiológicas Comerciales del Perú*. Instituto de Mar del Perú (IMARPE) e Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (ITP). Ed. Stella, Lima. 143p.
57. IMARPE/ITP. 1996. *Compendio Biológico Tecnológico de las Principales Especies Hidrobiológicas Comerciales del Perú*. Instituto de Mar del Perú (IMARPE) e Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (ITP). Ed. Stella, Lima. 143p.
58. Ingram, M. Bray, D. Clark, D. Dolman, C. Elliot, R. Thetcher, F. 1983. *International commission on Microbiological specifications. “Microorganismos de los alimentos. Técnicas de Análisis Microbiológicas. Vol I. Segunda edición. I tittle Original: Microorganism in food*. Ed. Acribia. SA. Zaragoza 106-122p.
59. ITINTEC, 1984. *Norma técnica peruana INTINTEC 209.226. Bocaditos. Requisitos*. Instituto de Investigación Tecnológico Industrial y de normas técnicas (ITINTEC). INDECOPI, Lima Perú. 9p.

60. Judith Prieto M.1, María A. Méndez M.2, Alma D. Román G.1 y Francisco Prieto G1. 2005. Estudio Comparativo De Características Físicoquímicas De Cereales Kellogg's. Consultado en: 05 de julio 2017. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000100006
61. Kameko, J. 2005. Determinación de los parámetros de extrusión en un extrusor de bajo costo para la obtención de una mezcla base para desayuno a partir de Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), Olluco (*Ullucus tuberosum* Loz.) y Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild). Tesis. UNALM. Lima – Perú. 149p.
62. Kilcast, D., & Subramanian, P. 2000. The stability and shelf life of foods. Washington, DC: Woodhead Publishing Limited y CRC Press LLC. 489p.
63. Konstance RP, Onwulata CI, Smith PW, Lu D, Tunick MH, Strange ED, and Holsinger VH. (1998). Nutrient-based Corn and Soy Products by Twin-screw Extrusion. *J Food Sci.* 63, (5).
64. Labuza, T. P. 1982. Shelf life dating of foods. Westport, Connecticut: Food & Nutrition Press. 362p 255-269.
65. Labuza, T. P. 1999. Shelf-life dating of foods. Connecticut, Food & Nutrition Press, INC. Págs: 36-50.
66. Labuza, T. P., & Schmidl, M. K. 1985. Accelerated Shelf-Life Testing of Foods. *Food Technology*, 39: 57-64.
67. Labuza, T., & Szybits, L. 2004. Open Dating of Foods. Food and Nutrition PRESS INC. 259p.
68. Lai L and Kokini J. 1991. Physicochemical and rheological of starch during extrusion (a review). *Biotechnol Progress.* 7 (3), 251-266.
69. Lamiani, P., Limbo, S., Piergiovanni, L. 2010. Innovative Approaches and Instruments in Modelling and Monitoring the Moisture Diffusion in Packages and Moisture Adsorption by Dried Products. *Italian Journal of Food Science Supplement*, P. 182-184.
70. Lara y Mejía. 2004. Kinetics of deterioration and shelf life of popped grain, breakfast cereal and crunchy bars of amaranth. Manuscript. 68p.
71. Lazo, L. 2006. Elaboración de harina de papa (*Dosidicus gigas*) precocida para consumo humano. Tesis para optar el título de Ingeniero **Pesquero**. UNALM. **Lima. 150p.**
72. Linares, 2016. Efecto del empaque en el contenido de humedad final para dos tipos de manzanas deshidratadas en almacenamiento controlado. Tesis para optar por el

- título profesional de ingeniero en Ingeniería agroindustrial y agronegocios.
Universidad San Ignacio de Loyola - Lima, 2016. 201p.
73. Linko, P; Colonna, P. y Mercier, C. 1981. High-temperature-short-time extrusion cooking. *Advance in cereal science and technology*. Vol. 4 pp. 165-170.
 74. Lorient, D. 1982. Propiedades funcionales de las proteínas de origen animal. Ed. *El Manual Moderno*. Mexico. p: 7-33.
 75. Madrid, A. Madrid, J. Madrid, R. 1994. Tecnología del pescado y productos derivados. Ed. *Acribia S.A. Zaragoza*. 376p.
 76. Madrid, A. Madrid, J. Madrid, R. 1994. Tecnología del pescado y productos derivados. Ed. *Acribia. S.A. Zaragoza* 376 p.
 77. Marcial-Ramos, R. W. 1996. Estructura poblacional, madurez sexual y alimentación de *Dosidicus gigas*, desembarcada por la pesca artesanal en Paita, septiembre de 1995 - agosto de 1996. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. 123p.
 78. Markaida, U. 2006. Food and Feeding of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California and adjacent waters alter the 1997-98 El Niño event. *Fish. Res.*, 1-12.
 79. Markaida, U., Quiñónez-Velázquez, C. & Sosa-Nishizaki, O. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fish Res.*, 66: 31-4.
 80. Maroulis ZB, Thymi S, Krokida MK and Pappa A. 2004. Structural properties of extruded corn starch. *J Food Eng.* 68 (4), 519-526.
 81. Matz, S. 1976. *Snack food technology* The Avi Publishing Company. USA. 628p. 322-385.
 82. Maza, S. Rosales, M. Castro, R. 2003. Efectos de un proceso de lixiviación ácida – salina sobre la calidad del Surimi de *Dosidicus gigas* “Pota”. *Bol. Inv. Inst. Tec. Pes. Perú*. Volumen 5: pp 81-88.
 83. Mercier C. 1993. Nutritional appraisal of extruded foods. *Int. J. FoodSci. Nutr.* 44: 545- 553.
 84. Milán-Carrillo J., Reyes-Moreno C., Camacho-Hernández I.L., Rouzaud-Sandez O. 2002. Optimization of extrusion process to transform hardened chickpeas (*Cicerarietinum L*) into a useful product. *J. Sci. FoodAgric.* 82: 1718-1728.
 85. Morales, E. 2006. *Apuntes del Ramo Ingeniería de Procesos III*. (ITCL 234)
 86. Muller, H y Tobin, G. 1986. *Nutricion y ciencia de los alimentos*. Edit. *Acribia S.A. Zaragoza* 321p.

87. Nesis, K. 1970. "The biology of the giant squid of Perú and Chile, *Dosidicus gigas*". Oceanology. 108-118p.
88. Nesis, Kir Nazimovich. 1983. *Dosidicus gigas* In: Boyle, P.R. Cephalopod life cycles. Academic Press, London (Ed.), 375-383.
89. Nigmatullin, Chingis Muhametovich, Nesis, Kir Nazimovich y Arkhipkin, Alexander. 2001. "A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* Cephalopoda: Ommastrephidae. Fisheries Research, 54: 9-19.
90. Olvera, 2016. Estudio del efecto de las condiciones de envasado y empacado en el tiempo de vida útil de bocaditos de maíz estrusado almacenados a temperatura ambiente. Revista tecnológica ESPOL. 33(2): 336-341.
91. Osorio, 2009. Utilización de harina de pota (*Dosidicus gigas*) precocida en la elaboración de hojuelas extruidas. 158p.
92. Othon-Serna, S. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. A.G.T. Editor, S.A México. 279-303.
93. Paredes, C et al. 2014. Situación actual de la Pesquería de la Pota (*Dosidicus gigas*) en el Perú y recomendaciones para su mejora. Proyecto Mediano Breve CIES. 112p. Consultado el: 05 de diciembre 2017. Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AF579F67269CB59505257D8E004DCB6F/\\$FILE/1_doc_final_cies.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AF579F67269CB59505257D8E004DCB6F/$FILE/1_doc_final_cies.pdf)
94. Pérez-Navarrete C., Cruz-Estrada R.H., Chel-Guerrero L. y Betancur-Ancona D. 2006. Caracterización física de extruidos preparados con mezclas de harinas de maíz QPM (*Zea mays* L.) y frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Revista Mexicana de Ingeniería Química 5: 145-155.
95. Perry, J. 1980. Manual del Ingeniero Químico. Unión tipográfica. Editorial Hispano Americana. Mexico D.F. Tomo II. Pp 1035-2088.
96. Pilco Vargas, Juan Julio, 2011. Elaboración de un producto extruido tipo "snack" con cobertura dulce a partir de quinua (*Chinopodium quinoa Willd*) y Maíz (*Zea mays* L.) Tesis de grado. Unalm. Industrias alimetnarias. Lima – Perú. 162p.
97. Potter, N. Y Hotchkiss, J. 1999. Ciencia De Los Alimentos. **Acribia, S.A. Zaragoza. España. 667 p.**
98. PRODUCE. 2015. Anuario estadístico. Revisado el 18 de enero 2017. Disponible en: <http://www.produce.gob.pe/index.php/features/anuario-estadistico>
99. PRODUCE. 2016. Boletín Estadístico Pesquero, septiembre 2017. Dirección de estudios y derechos económicos pesqueros y acuícolas.

100. PROMPERU. 2015. Desarrollo del Comercio Exterior Pesquero. Informe Anual 2015. 91p. Consultado el: 10 de junio 2017. Disponible en: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resorces/sectoresproductivos/Desenvolvimiento%20del%20Comercio%20Exterior%20Pesquero%202015.pdf>
101. Puntieri M.V. y Apro N.J. 2004. Industrialización, valor nutritivo y usos de la harina integral de amaranto. 5a Jornada de Desarrollo e Innovación. 1-2 p.
102. Repo – Carrasco, R. 1998. Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y granos andinos. EDI-AGRARIA. Lima. 137p.
103. Reque, J. 2007. Estudio de pre-factibilidad para la fabricación de Harina de Arroz y su utilización en panificación. Tesis para optar por el Título de Ing. Industrial. Universidad Pontificia Católica del Perú. Lima. 109 p.
104. RM° 451-2006/ MINSA. Norma sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos y otros, destinados a programas sociales de alimentación. 159p.
105. Rockland, L. Radke, T. 1981. Legume protein quality. Food technology, 33(5). Chicago. Pp. 79-82.
106. Roderuck C.E., Fox H. 1987. Nutritional value of cereal grains. En: Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement. Eds: **Olson R.A. y Frey K.J. 511 p.**
107. Rojas Hurtado D.P. Evaluación de la toxicidad a dosis repetidas (90 días) por vía oral del **concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*)** en ratas Sprague Dawley. Tesis (Mag.Sc) UNALM. Lima. 2009. 153p.
108. Roldan, D. 2002. Elaboración de harina pre cocida del pez falso volador (*Prionotus stephanophys*) y su evaluación como fuente de proteína animal para consumo humano directo. Tesis. Escuela e post grado. UNALM. Lima. 89p.
109. Roldán, D. y Lazo, L. 2007. “Características nutricionales del concentrado de proteína de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) (CP-Lamolina)”. Artículo aprobado en Anales Científico UNALM.
110. Romero, 2016. Nacional, U., San, M. D. E., & Veterinaria, E. A. P. D. E. M. 2014. Utilización de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de arveja (*Pisum sativum*) en la elaboración de cabanossi con carne de ovino (*Ovis orientalis aries*), 1–115.
111. Rosa, Rui y Seibel, Brad. 2010. “Metabolic physiology of the Humboldt squid, *Dosidicus gigas*: Implications for vertical migration in a pronounced oxygen minimum zone”. Progress in Oceanography, 86: 72-80.

112. Rosas, Z. 2007. Caracterización parcial de sólidos, solubles presentes en el agua de cocción del músculo de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), Tesis de Ingeniero Bioquímico. Instituto tecnológico de Mochis, México. 61p.
113. Rotstein, E., Valentas, K. J., & Singh, R. P. 1997. Handbook of Food Engineering Practice. Boca Raton: CRC Press LLC. 89p.
114. SÁENZ, C. 2001. Snacks de frutas. En Presente y perspectivas de la industria de “snacks” en Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. p13-22
115. Saguy, I., & Karel, M. 1980. Modeling of quality deterioration during food precessing and storage. Food Technology, 78-85.
116. Sevatson, E y Huber, G. 2000. “Extrusores en la industria de alimentos”. En: Riaz, M. Extrusores en las aplicaciones de alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza pp 181-203
117. Singh R. Heldman D. 1998. Introducción a la Ingeniería de Alimentos. Zaragoza, España: Editorial Acribia. S.A. 456-458 p.
118. Soto, R. 2000. El uso de antioxidantes como protectores de la calidad en productos alimenticios. Industria y Alimentos, 47- 51.
119. Sueiro, Juan Carlos y De la Puente, Santiago. 2013. “La pesca artesanal en el Perú: Diagnóstico de la actividad pesquera artesanal peruana”. Consultoría realizada para Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el marco del proyecto TCP/PER/3041: Apoyo para la elaboración de la Estrategia Nacional para el Fortalecimiento de la Pesca Artesanal Sostenible. Lima, Perú. 132p.
120. Sususki, T. 1987. Tecnología de las proteínas de pescado y krill. Ed. Acribia S.A Zaragoza. 230p.
121. Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Chile. 84p
122. Tapia, M; Gandarillas, H; Alandia, S; Cardozo, A; Mujica, A; Ortiz, R; Otazu, V. Rea, J; Salas, B y Zanabria, E. 1979. La quinua y la kañiwua. Cultivos Andinos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Zona andina. Lima-Perú. 298p
123. Valencia, E. 1993. Utilización de los cultivos andinos como materia prima Agroindustrial. Serie informe técnico N°8-93. Instituto nacional de Investigación agraria. Lima – Perú. 165p

124. Valls, P. Barcelona, 8 y 9 de noviembre. 1993. El proceso de extrusión en cereales y habas de soja. I. Efecto de la extrusión sobre la utilización de nutrientes. 8p.
125. Vasanthan, T., Yeung, J. y Hoover, R. 2001. Dextrinization of starch in barley flours with thermostable alpha-amylase by extrusion cooking. *Starch/Stärke* 53, 616- 622.
126. Waluda, Claire, Yamashiro, Carmen y Rodhouse, Paul. 2006. Influence of ENSO cycle on the light-fishery for *Dosidicus gigas* in the Peru Current: An analysis of remotely sensed data. *Fisheries Research*, 79: 56-63.
127. Warner. 1995, Ellis. 1994. Curso Taller Vida útil Sensorial de alimentos, [en línea] Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria, Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos. Consultado en: 12 de diciembre 2017. Disponible en: <http://www.desa.edu.ar/cursos-vidautil.htm>.
128. Welti, J; Vergada, F., 2002. Actividad de agua. Concepto y aplicación en alimentos con alto contenido de humedad en *Temas de Tecnología de Alimentos*, Volumen 1, Primera Reinscripción, Editorial Alfaomega. 14p .
129. WHO- World Health Organization. Energy and Protein Requirements, WHO. Medical Reports, Series No. 522:401-426.
130. WITTIG, E. 1981. Evaluación sensorial, una metodología actual para tecnología de alimentos. Gráficos USACH. Santiago, Chile. 134p.
131. Xiong y Hernandez. 2002. La vida útil de los Alimentos. Pág: 58-63.
132. Young, V. Reeds, P. 2002. Nutrición y metabolismo de proteínas y aminoácidos. En Gibney, M Vorster, H. Kok, F. Introducción a la nutrición humana. Ed. Acribia Zaragoza pp 51-87.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Tabla de análisis sensorial para harina de pota (*Dosidicus gigas*) precocida para consumo humano

CARACTERISTICAS		PUNTAJE
Color	Blanco lechoso	3
	Blanco cremoso	2
	Amarillo opaco	1
Olor	Sin olor a pota	3
	Ligero olor a pota	2
	Con olor a pota	1
Sabor	Sin sabor a pota	3
	Ligero sabor a pota	2
	Con sabor a pota	1
Textura	Suave al tacto y pulverulenta	3
	Áspero y pulverulenta	2
	Duro y granuloso	1

Calificación

Puntuación	Calidad
10 a 12	Buena
7 a 9	Regular
Hasta 6	Mala

Anexo 2: Especificaciones técnicas para los CPP

DESCRIPCIÓN	TIPO A	TIPO B
Proteína	Mínimo 75%	Mínimo 60%
Humedad	Máximo 10%	Máximo 10%
Grasa	Máximo 0,5%	Sin límite
Ceniza	Máximo 15%	Máximo 20%
Arena	Máximo 0,5%	Máximo 0,5%
Flúor	Máximo 250 ppm	Máximo 250 ppm
Lisina disponible (respecto a la proteína)	Mínimo 6,5%	Mínimo 6,5%
Bacterias		
Bacterias totales/g	Máximo 10 ⁴	Máximo 10 ⁵
Bacterias coliformes/g (37°C)	Ausencia	Máximo 10 ²
Bacterias coliformes/g (44°C)	Ausencia	Máximo 10
Enterococos/g	Ausencia	Máximo 10 ²
Salmonella/g	Ausencia	Ausencia
Bacterias desdobladoras de lecitina/g	Ausencia	Máximo 10 ²
Clostridios sulfito reductores/g	Ausencia	Máximo 10 ²
Olor y sabor	Inodoro, insípido	Amplio margen

Anexo 3: Tabla del Test de valoración de calidad de Karlsruhe para un snack extruido a base de polenta cruda de maíz enriquecido con harina de pota precocida

	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SATISFACTORIA	REGULAR	SUFICIENTE	DEFECTUOSA	MALA	MUY MALA
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
COLOR	Crema, natural, excepcional, uniforme, homogéneo.	Natural, uniforme, levemente oscuro.	Natural, algo pálido u oscuro, aún uniforme y homogéneo.	Ligeramente alterado por ej. Algo claro o algo oscuro, algo desuniforme, poco homogéneo.	Alterado, algo descompensado, muy claro; muy oscuro. Desuniforme no homogéneo.	Muy descompensado. Presencia de manchas.	Demasiado pálida, o con apariencia cruda o quemado. Color atípico	Color totalmente atípico.	Inaceptable, totalmente alterada, atípica.
APARIENCIA/ FORMA	Completamente bien conservada, redonda, bien cocida, sin arrugas.	Muy bien conservada, algunas unidades ligeramente modificada, aun redondas, sin arrugas y lisa.	Aun redonda, con algo de arrugas.	Poco lisa, ligeramente modificada, Forma algo modificada, ovalada no redonda, con arrugas.	Presencia de grietas visibles, forma modificada, aplastada, asimétrica, muy abultado o arrugada.	Hundida, agrietada, forma muy modificada. Muchas grietas.	Desagradable, intensamente hundida, y/o asimétrica, con aberturas.	Muy alterada, apretada, rota, con deformaciones.	Completamente alterada

OLOR	Muy característico a muy típico, natural, intenso, equilibrado. Característico, típico. Muy fresco. Sin olor a pota.	Característico, típico y natural. Fresco. Sin olor a pota.	Leve olor a pota, poco intenso.	Algo plano, no característico, más intenso a pota.	Plano, alterado, algo intenso a pota, leve a materia grasa.	Alterado, algo intenso a pota algo, intenso a materia grasa, aun aceptable.	Claramente alterado, atípico, algo ácido.	Alterado, rancio, fuerte olor a pota .	Francamente deteriorado
SABOR	Específico, muy característico y natural. Muy fresco. Muy equilibrado. Sin sabor a pota.	Característico, típico y natural, con sabor tostado. Fresco. Sin sabor a pota.	Característico, aún equilibrado. Ligeramente sabor a pota. Aún típico y natural.	Aún aceptable. No tan típico. Con sabor ligeramente a pota.	Aún aceptable. Con algo a sabor a materia grasa.	No típico, Insípido, claramente dañado con sabor a pota.	Alterado. Completamente atípico. Amargo, ácido, crudo.	Alterado, desagradable. Rancio, muy amargo.	Extraño, desagradable, fermentado. Francamente
TEXTURA	Característica, ni corteza dura ni blanda y delgada, crocante. Muy típica y característica.	Buena, típica, corteza aun ni blanda ni dura, menos crocante. Típica característica.	Normal, típica, corteza levemente blanda o dura y algo gruesa. Menos típica menos característica.	Ligeramente alterada. Corteza algo blanda o algo dura y gruesa.	Alterada, con desuniformidad, corteza dura, algo de sequedad, textura seca.	Claramente alterada. Desuniforme: corteza dura, con sequedad.	Claramente alterada, corteza muy dura, excesivamente dura o muy seca..	Desagradable, modificada, excesivamente dura.	Completamente alterada, inaceptable.

Anexo 4: Cartilla de evaluación sensorial

Instrucciones:

Pruebe los snacks que se presentan a continuación.

En lo referido al sabor, olor, crocantés y aspecto, tenga en cuenta el siguiente puntaje:

- 5 Me gusta mucho
- 4 Me gusta
- 3 Ni me gusta, ni me disgusta
- 2 Me disgusta
- 1 Me disgustas mucho

Puede haber muestras con igual preferencia y les puede asignar el mismo puntaje.

	FT ₁	FT ₃	FT ₄	FT ₅	-	-
	Ó					
	M	MH ₁	MH ₂	N	NH ₁	NH ₂
	Ó					
	V ₁	V ₂	V ₃	-	-	-
SABOR						
OLOR						
CROCANTÉS						
ASPECTO						

Comentarios:

Muchas gracias.

Anexo 5: Análisis de varianza para todos los atributos

COLOR

Análisis de varianza para Color - Suma de cuadrados de Tipo III

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F	p-valor
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Juez	5.43	7	0.78	1.61	0.1412
B: Temperatura	9.14	1	9.14	19.00	<0.0001
C: Tiempo	106.18	6	17.70	36.77	<0.0001
RESIDUOS	46.68	97	0.48		

TOTAL	167.43	111			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Contraste Múltiple de Rangos para Color según Temperatura

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.4812 gl: 97

Temperatura	Medias	n	E.E.
50.00	6.97 56	0.96	A
45.00	7.14 56	0.09	B
35.00	7.71 56	0.09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

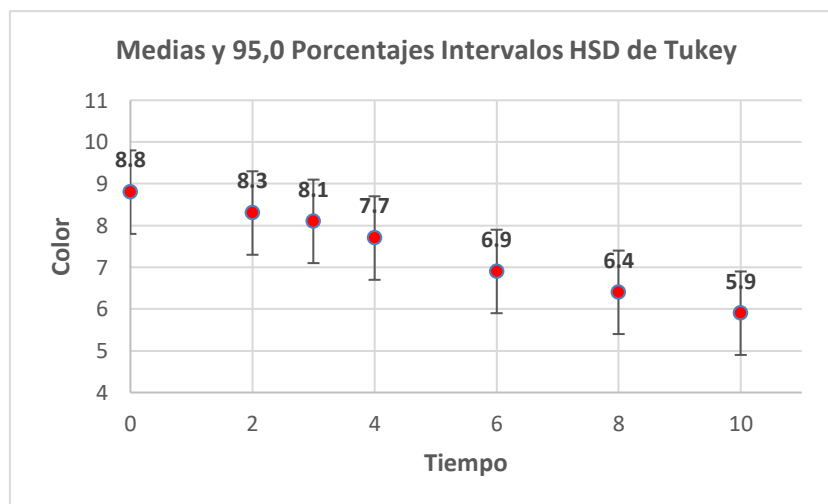
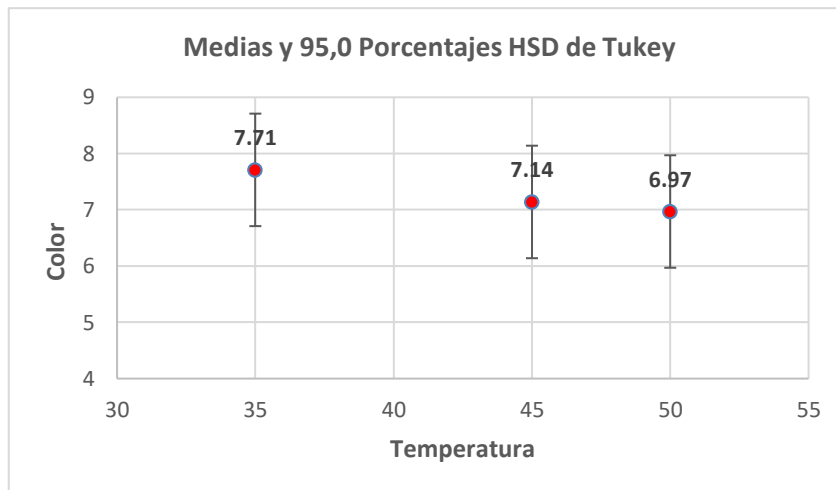
Contraste Múltiple de Rangos para Color según Tiempo

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.4812 gl: 97

Tiempo	Medias	E.E.			
10.00	5.94	16	0.17	A	
8.00	6.38	16	0.17	A	B
6.00	6.88	16	0.17		B
4.00	7.69	16	0.17		C
3.00	8.06	16	0.17		C D
2.00	8.31	16	0.17		C D
0.00	8.75	16	0.17		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



OLOR

Análisis de varianza para Olor - Suma de cuadrados de Tipo III

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F	p-valor
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Juez	5.35	7	0.76	2.36	0.0289
B: Temperatura	16.51	1	16.51	50.91	<0.0001
C: Tiempo	94.68	6	15.78	48.66	<0.0001
RESIDUOS	131.46	97	0.32		

TOTAL	147.99	111			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Contraste Múltiple de Rangos para Olor según Juez

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.3243 gl: 97

Juez	Mediasn	E.E.		
3	7.00	14	0.15	A
6	7.14	14	0.15	A B
7	7.29	14	0.15	A B
1	7.29	14	0.15	A B
2	7.43	14	0.15	A B
5	7.50	14	0.15	A B
4	7.57	14	0.15	A B
8	7.71	14	0.15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Contraste Múltiple de Rangos para Olor según Temperatura

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.3243 gl: 97

Temperatura	Mediasn	E.E.	
50	6.15 56	0.08	A
45	6.98 56	0.08	B
35	7.75 56	0.08	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

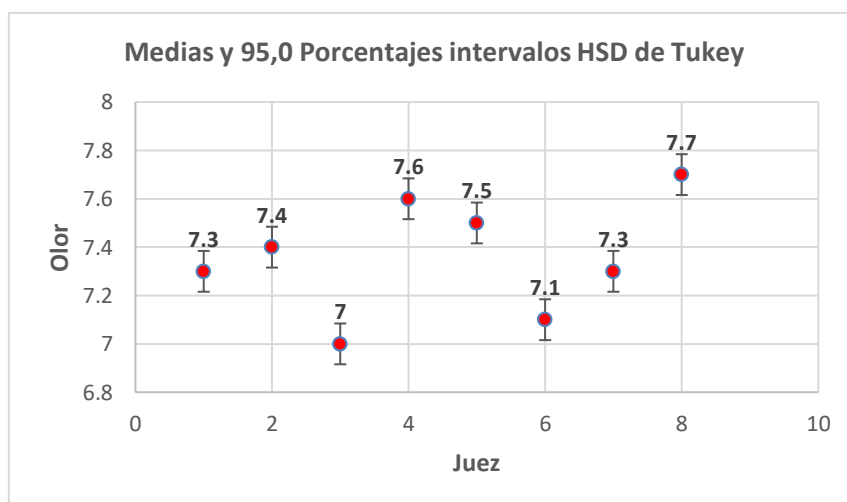
Contraste Múltiple de Rangos para Olor según Tiempo

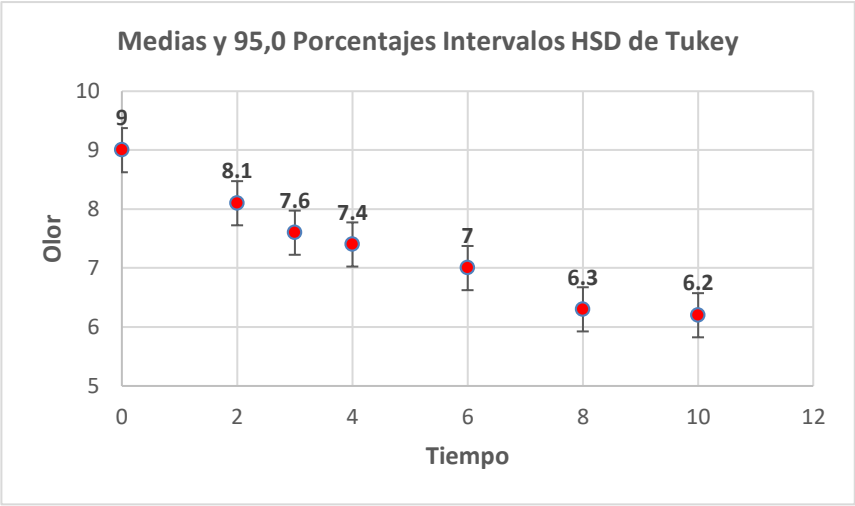
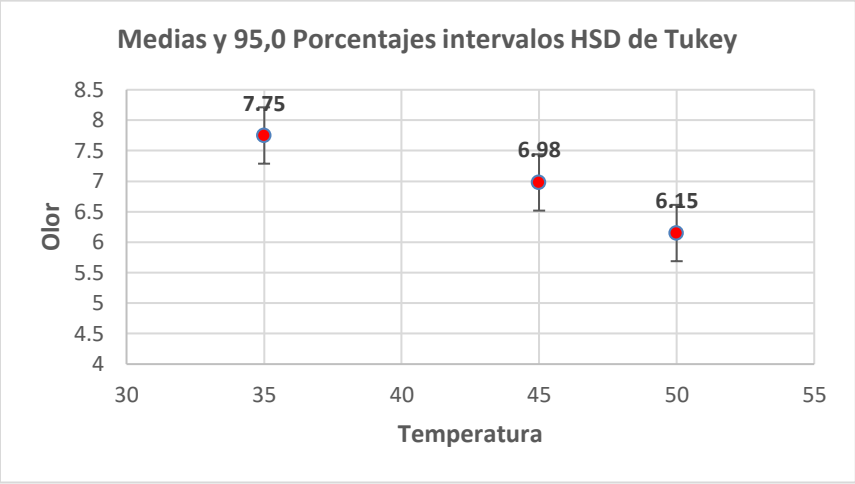
Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.3243 gl: 97

Tiempo	Mediasn	E.E.	
10	6.19 16	0.14	A
8	6.31 16	0.14	A
6	7.00 16	0.14	B
4	7.38 16	0.14	B
3	7.56 16	0.14	B C
2	8.13 16	0.14	C
0	9.00 16	0.14	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)





SABOR

Análisis de varianza para Sabor - Suma de cuadrados de Tipo III

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F	p-valor
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Juez	9.25	7	1.32	2.68	0.0140
B: Temperatura	8.04	1	8.04	16.29	0.0001
C: Tiempo	76.55	6	12.76	25.87	<0.0001
RESIDUOS	47.84	97	0.49		

TOTAL	141.68	111			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Contraste Múltiple de Rangos para Sabor según Juez

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.4932 gl: 97

Juez	Mediasn	E.E.		
3	6.86 14	0.19	A	
8	7.00 14	0.19	A	
1	7.07 14	0.19	A	
5	7.21 14	0.19	A	
6	7.50 14	0.19	A	
2	7.50 14	0.19	A	
7	7.64 14	0.19	A	
4	7.64 14	0.19	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Contraste Múltiple de Rangos para Sabor según Temperatura

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.4932 gl: 97

Temperatura	Mediasn	E.E.	
50	6.57	0.09	A
45	7.04	0.09	B
35	7.57	0.09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

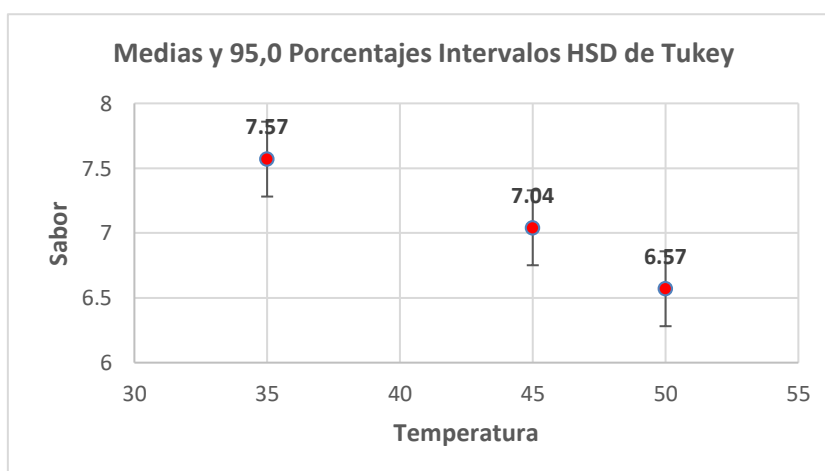
Contraste Múltiple de Rangos para Sabor según Tiempo

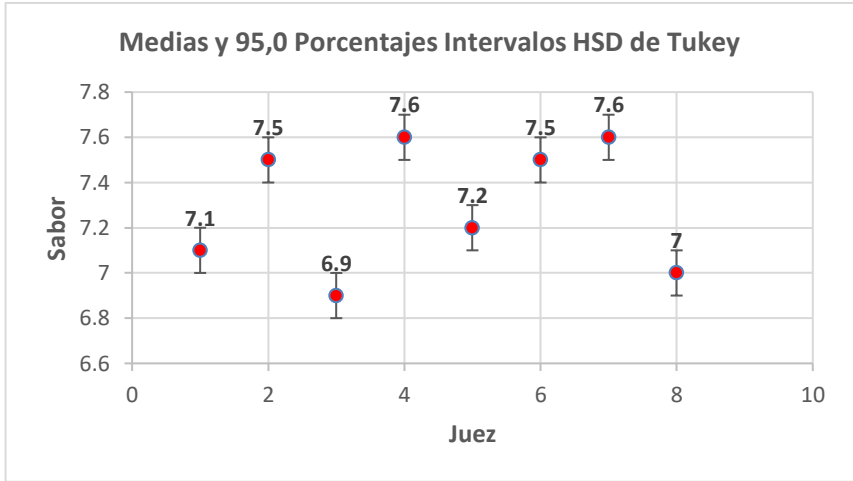
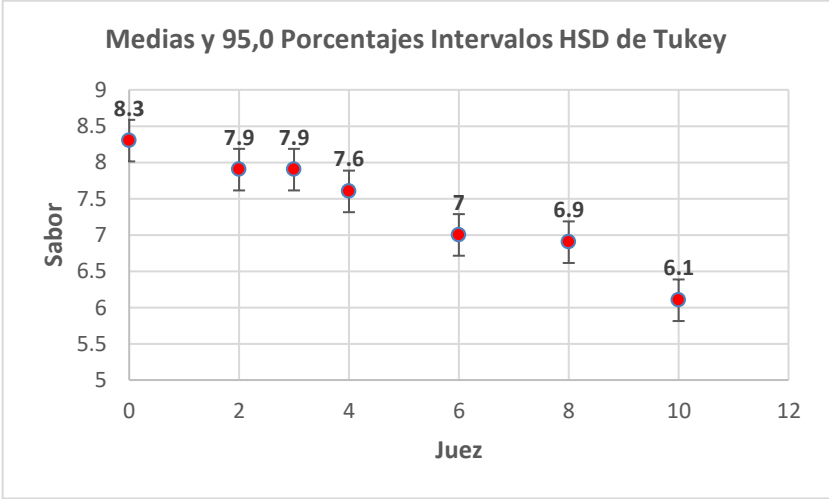
Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.4932 gl: 97

Tiempo	Mediasn	E.E.	
10	5.63	0.18	A
8	6.88	0.18	B
6	7.00	0.18	B
4	7.56	0.18	B C
3	7.88	0.18	C
2	7.94	0.18	C
0	8.25	0.18	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)





CROCANTES

Análisis de varianza para Apariencia/Forma- Suma de cuadrados de Tipo III

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F	p-valor
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Juez	4.63	7	0.66	1.95	0.0691
B: Temperatura	2.58	1	2.58	7.62	0.0069
C: Tiempo	186.36	6	31.06	91.72	<0.0001
RESIDUOS	32.85	97	0.34		

TOTAL	226.42	111			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Contraste Múltiple de Rangos para Crocantes según Temperatura

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.3386 gl: 97

Temperatura	Mediasn	E.E.	
50	6.54 56	0.08	A
45	7.00 56	0.08	B
35	7.30 56	0.08	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

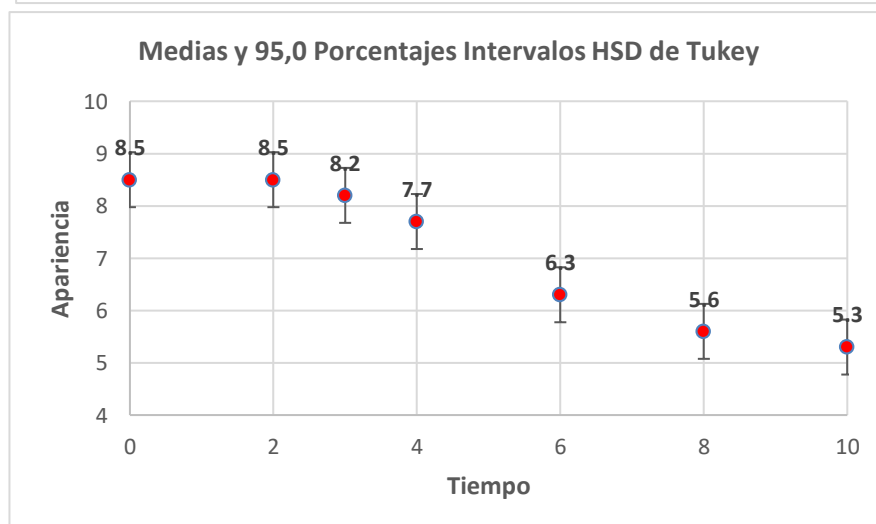
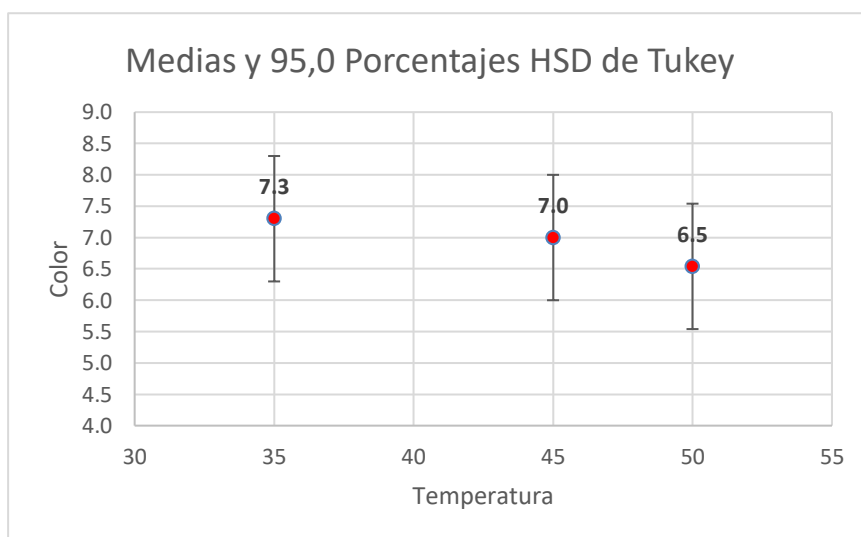
Contraste Múltiple de Rangos para Crocantes según Tiempo

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.3386 gl: 97

Tiempo	Mediasn	E.E.			
10	5.25	16	0.15	A	
8	5.63	16	0.15	A	
6	6.31	16	0.15	B	
4	7.69	16	0.15	C	
3	8.19	16	0.15	C	D
0	8.50	16	0.15		D
2	8.50	16	0.15		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



ASPECTO

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	270.38	14	19.31	44.56	<0.0001
Juez	1.06	7	0.15	0.35	0.9284
Temperatura	8.58	1	8.58	19.80	<0.0001
Tiempo	260.73	6	43.46	100.25	<0.0001
Error	42.04	97	0.43		
<u>Total</u>	<u>312.42</u>	<u>111</u>			

Análisis de varianza para Textura - Suma de cuadrados de Tipo III

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>Fuente</u>	<u>Suma de Cuadrados</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Juez	1.06	7	0.15	0.35	0.9284
B: Temperatura	8.58	1	8.58	19.80	<0.0001
C: Tiempo	260.73	6	43.46	100.25	<0.0001
RESIDUOS	42.04	97	0.43		

<u>TOTAL</u>	<u>312.42</u>	<u>111</u>			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Contraste Múltiple de Rangos para Textura según Temperatura

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.4334 gl: 97

Temperatura	Mediasn	E.E.	
50	6.54	56	0.09 A
45	7.00	56	0.09 B
35	7.55	56	0.09 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

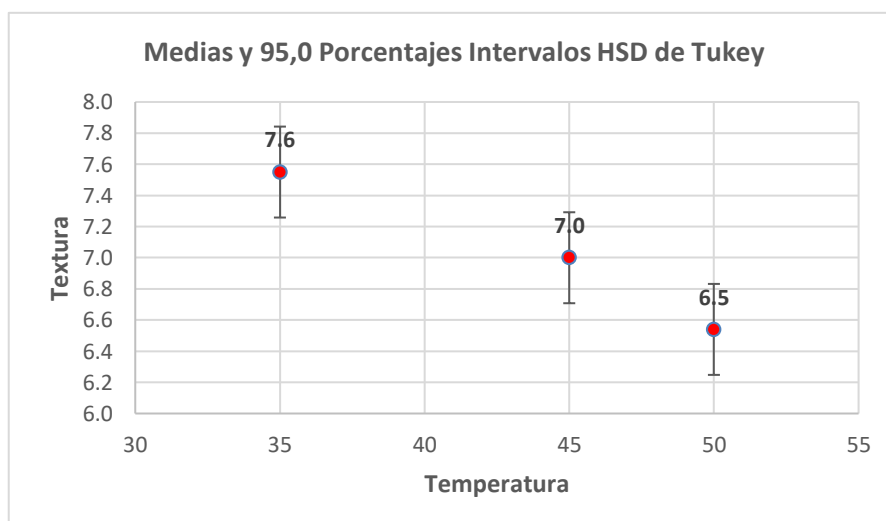
Contraste Múltiple de Rangos para Textura según Tiempo

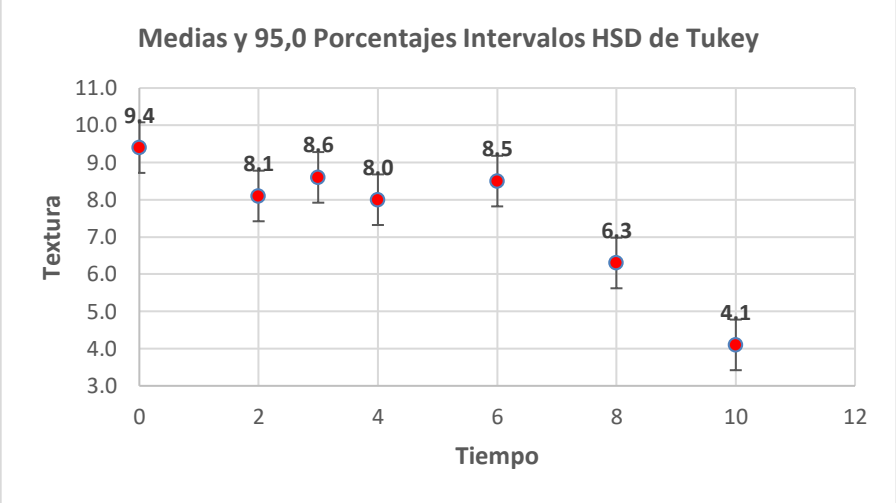
Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.4334 gl: 97

Tiempo	Mediasn	E.E.	
10	4.31	16	0.16 A
8	5.81	16	0.16 B
6	7.50	16	0.16 C
4	7.69	16	0.16 C
3	8.19	16	0.16 C D
2	8.44	16	0.16 D E
0	9.00	16	0.16 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)





CALIDAD TOTAL

Análisis de varianza para Calidad Total,- Suma de cuadrados de Tipo III

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F	p-valor
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Juez	1.35	7	0.19	0.99	0.4437
B: Temperatura	8.58	1	8.58	44.07	<0.0001
C: Tiempo	142.46	6	23.74	121.96	<0.0001
RESIDUOS	18.88	97	0.19		

TOTAL	171.28	111			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Contraste Múltiple de Rangos para Calidad Total según Temperatura

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.1947 gl: 97

Temperatura	Mediasn	E.E.	
50	6.64 56	0.06	A
45	7.02 56	0.06	B
35	7.57 56	0.06	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

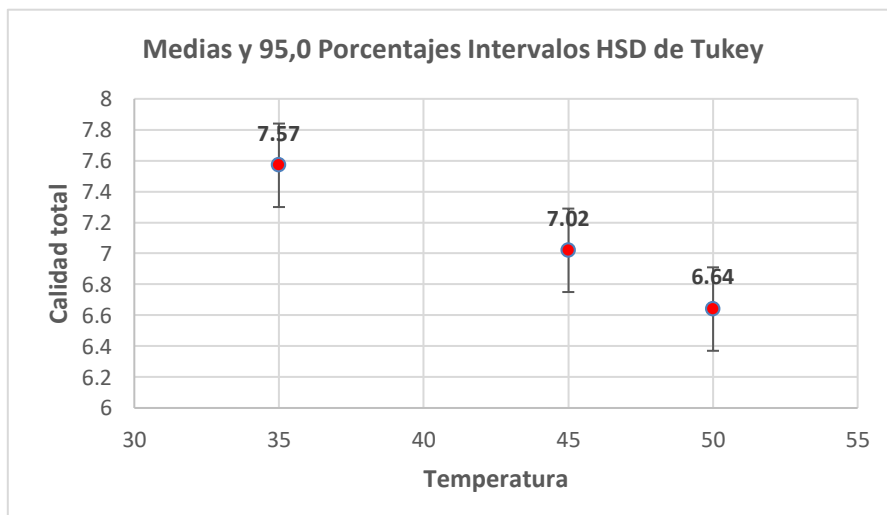
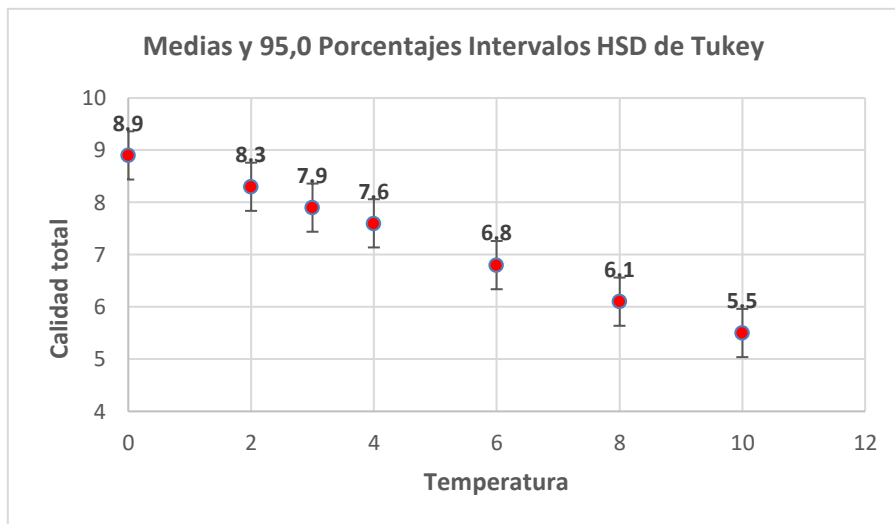
Contraste Múltiple de Rangos para Calidad Total según Tiempo

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

Error: 0.1947 gl: 97

Tiempo	Mediasn	E.E.	
10	5.50	0.11	A
8	6.06	0.11	B
6	6.81	0.11	C
4	7.63	0.11	D
3	7.94	0.11	D E
2	8.25	0.11	E
0	8.88	0.11	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



Anexo 6: Resultado de calidad total, humedad, actividad de agua, peróxido y mohos y levaduras del snack extruido a temperaturas de 35, 45 y 50°C durante 10 semanas de almacenamiento

TEMPERATURA 50°C

Peróxido: No detectable en ninguna semana de almacenamiento

Mohos y levaduras:

Semana 0: < 10 UFC/g

Semana 10: 80 UFC/g

Tiempo (semanas)	Color	Olor	Sabor	Crocantes	Aspecto	Calidad total	Humedad	Aw
0	8.8	9.0	8.3	8.5	9.0	8.7	5.35	0.25
2	8.3	7.4	7.6	7.6	8.4	7.9	6.48	0.39
3	7.4	6.9	7.0	6.9	7.6	7.2	6.98	0.43
4	7.3	6.7	6.7	6.4	7.2	6.9	7.69	0.48
6	6.7	6.5	6.1	5.5	5.5	6.1	8.32	0.54
8	5.8	5.9	5.7	5.1	5.1	5.5	9.31	0.61
10	4.7	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7	10.10	0.77

TEMPERATURA 45°C

Peróxido: No detectable en ninguna semana de almacenamiento

Mohos y levaduras:

Semana 0: < 10 UFC/g,

Semana 10: 75 UFC/g

Tiempo (semanas)	Color	Olor	Sabor	Crocantes	Aspecto	Calidad total	Humedad	Aw
0	8.8	9.0	8.3	8.5	9.0	8.7	5.35	0.25
2	8.2	8.3	8.1	8.4	8.2	8.3	6.23	0.35
3	7.8	7.1	7.6	8.0	7.9	7.7	6.54	0.37
4	7.4	6.9	7.5	7.6	7.5	7.4	7.09	0.41
6	6.6	6.4	6.6	5.9	7.3	6.6	7.88	0.50
8	6.0	5.7	5.9	5.5	5.5	5.7	8.68	0.56
10	5.7	5.6	5.4	5.2	5.1	5.4	9.15	0.68

TEMPERATURA 35°C

Peróxido: No detectable en ninguna semana de almacenamiento

Mohos y levaduras:

Semana 0: < 10 UFC/g,

Semana 10: 65 UFC/g

Tiempo (semanas)	Color	Olor	Sabor	Crocantes	Aspecto	Calidad total	Humedad	Aw
0	8.8	9.0	8.3	8.5	9.0	8.7	5.35	0.25
2	8.6	8.4	8.1	8.5	8.8	8.5	5.52	0.36
3	8.4	8.0	8.1	8.4	8.5	8.3	5.82	0.30
4	8.0	7.9	7.6	7.8	7.9	7.8	6.09	0.32
6	7.1	7.6	7.4	6.8	7.8	7.3	6.37	0.41
8	6.8	6.8	7.4	5.8	6.1	6.6	7.17	0.43
10	6.4	6.6	6.1	5.5	4.9	5.9	8.00	0.53