





Desarrollo de un producto extruido a base de cereales y concentrado de proteína de calamar gigante (*Dosidicus gigas*)

Development of an extruded product based on cereals and giant squid protein concentrate (*Dosidicus gigas*)

David J. Roldán-Acero , Juan R. Omote-Sibina *, Christopher M. Osorio-Lescano  y Andrés A. Molleda-Ordoñez 

Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

*Autor de correspondencia: romote@lamolina.edu.pe

Recibido: 12 de noviembre de 2020

Aceptado: 02 de marzo de 2021

Publicación en línea: 21 de abril de 2021

Palabras clave:

cebada; extrusión de cereales; alimento enriquecido; *Dosidicus gigas*

Key words:

barley; cereal extrusion; enriched food; *Dosidicus gigas*

Resumen

Los diversos alimentos de origen vegetal que se cultivan en el Perú, entre los que destacan los cereales y granos andinos, han sido utilizados durante muchos años para atender los programas sociales de asistencia alimentaria de niños en edad escolar y preescolar (niños entre tres y diez años). Actualmente, se conoce que su valor nutricional aumenta en mezcla con una proteína de origen animal. Ante ello, la posibilidad de utilizar proteínas de recursos hidrobiológicos es un tema de interés y motivo de investigación. El trabajo realizado tuvo por objetivo elaborar un producto alimenticio extruido para niños utilizando cereales y granos andinos complementados con un concentrado de proteína de calamar gigante. El estudio fue desarrollado en el distrito de Acostambo, región de Huancavelica, Perú. Se utilizaron cebada y maíz molidos como los principales cereales de la mezcla, harina de arveja y concentrado de proteína de calamar gigante. El producto alimenticio extruido alcanzó elevada aceptabilidad (90 %) por los niños de la localidad y no presentó olor ni sabor remanentes del calamar gigante. Asimismo, los resultados microbiológicos confirmaron las adecuadas condiciones sanitarias de elaboración. Por otro lado, se cumplió con la NTP 209.260 de 2004 respecto a cantidad de proteínas y contenido de aminoácidos esenciales para alimentación infantil. Con el desarrollo de este producto alimenticio se espera ofrecer una nueva alternativa a los programas sociales para atender los requerimientos de la población infantil con deficiencia nutricional.

Abstract

The various foods of plant origin that are cultivated in Peru, among which Andean cereals and grains stand out, have been used for many years to attend social programs of food assistance for children between 3 to 10 years old, it is currently known that their Nutritional value increases when mixed with a protein of animal origin. Given this, the possibility of using proteins from hydrobiological resources is a topic of interest and reason for research. The objective of the work carried out was to produce an extruded food product for children using Andean cereals and grains supplemented with a giant squid protein concentrate. The study was developed in the district of Acostambo Region Huancavelica Peru. Ground barley and corn were used, as the main cereals of the mixture, pea flour and giant squid protein concentrate. The extruded food product reached high acceptability (90 %) by the children of the locality and did not present the odor or taste of the giant squid. Likewise, the microbiological results confirmed the adequate sanitary conditions of elaboration. On the other hand, it complied with the NTP 209.260 (2004) regarding the amount of proteins and content of essential amino acids, for infant feeding. The development of this food product is expected to offer a new alternative to social programs to meet the needs of children with nutritional deficiencies.

Introducción

Los Gobiernos del Estado peruano e instituciones de ayuda internacional han desarrollado programas sociales de asistencia alimentaria, en el marco de la lucha contra la pobreza y la desnutrición infantil, que tienen como una de sus principales actividades la distribución de alimentos. Ante ello, la búsqueda de productos de consumo inmediato, como es el caso de los extruidos de cereales, toma cada vez más importancia.

Los cereales son semillas de plantas, y en la mayor parte de los casos, aunque con algunas excepciones, pertenecen a la familia de las gramíneas. 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, el maíz, la kiwicha, la quinua, etc. (Muller y Tobin, 1986). Los cereales son imprescindibles en cualquier dieta por el alto contenido en vitaminas y minerales, pero, sobre todo, por su aporte de carbohidratos complejos (almidón), que son una fuente de energía de alta calidad. También son la principal fuente de hierro y de fibra. Contienen entre 6 y 10 % de proteínas cuya calidad mejora notablemente al ser consumidos con una proteína animal, como son los productos derivados de leche (Asociación Española de Fabricantes de Cereales, 2020).

El calamar gigante, segundo recurso capturado después de la anchoveta, es una buena fuente de proteínas y aminoácidos esenciales de alto valor biológico, presenta bajo contenido graso y es fuente de vitaminas del complejo B. Asimismo, aporta minerales como el fósforo, el potasio y el magnesio. Por otro lado, el calamar gigante contiene taurina, un aminoácido que regula la presión sanguínea, disminuye la formación de coágulos en las venas, mejora la visión y la visibilidad nocturna, y actúa como antioxidante (Córdova, 2016). El concentrado de proteína de este animal es un polvo de color blanco elaborado a partir del manto o tubo que, por las condiciones de su elaboración, sirve para consumo humano directo. Su valor biológico es del 90 % y tiene un contenido de proteínas de 86 y 3 % de grasa (40 % de las cuales son omega 3). El concentrado se elabora sin el uso de solventes ni agentes químicos de ninguna especie (Lazo, 2006).

La tecnología de la extrusión se destaca en la industria de alimentos como un proceso eficiente, es utilizado en el procesamiento de cereales, para alimentación humana y animal (Cuguiño, 2008). La extrusión a altas temperaturas y presión por corto tiempo, es uno de los procesos tecnológicos

de mayor versatilidad para la elaboración de productos alimenticios a partir de cereales y leguminosas (Delahaye *et al.*, 1997). Su alta productividad, costos bajos de operación, eficiencia energética, obtención de productos de alto valor biológico y elevada digestibilidad de las proteínas (Mercier *et al.*, 1998; Milán-Carrillo *et al.*, 2002) lo convierten en un proceso tecnológico atractivo. Así mismo, Yanova *et al.* (2019) mencionan la mejora de la eficiencia económica de las empresas procesadoras de cereales mediante la introducción de tecnologías desarrolladas de extrusión y producción de harina a partir de granos extruidos de los principales cultivos de cereales.

Por lo anterior, el uso del proceso de extrusión en mezclas de recursos naturales propios del país (cereales y granos andinos, leguminosas y concentrados de proteína animal), cumpliendo con los requerimientos de proteína y aminoácidos para la población infantil (cinco a diez años), permitiría el desarrollo de productos alimenticios extruidos de buena aceptabilidad para la población infantil con deficiencia nutricional. Los productos elaborados de esa forma tendrían los beneficios nutricionales de un producto enriquecido que deben ser tomados en cuenta en los programas sociales de asistencia alimentaria, sobre todo de las regiones alejadas de la costa, como son Huancavelica, Ayacucho y Puno.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina y de la empresa Cereales Acostambo S.A., ubicada en la provincia de Tayacaja, Huancavelica. Las materias primas utilizadas fueron cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*) molidos, harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y arveja (*Pisum sativum*), concentrado de proteína en polvo de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), leche entera en polvo, azúcar y sal.

Las materias primas se evaluaron física y químicamente. Para el concentrado de proteína de calamar gigante, se utilizó la tabla de evaluación sensorial propuesta por Lazo (2006), y la composición química proximal fue realizada con los procedimientos de AOAC (1995). La granulometría se determinó según el sistema de malla Retsch, sugerido por Perry (1980). Entretanto, para la evaluación de las mezclas teóricas propuestas se empleó el *score* o cómputo químico de aminoácidos, según procedimiento reportado por Gibney *et al.* (2002). Para ello, se tomó como patrón referencial el requerimiento de aminoácidos para niños mayores de dos

años propuesto por la NTP-209.260 para productos de reconstitución rápida.

Las muestras extruidas fueron evaluadas sensorialmente utilizando un panel aleatorio no entrenado. Los resultados de las pruebas de preferencia fueron analizados por el método estadístico de Friedman (Conover, 1980), con un nivel de significancia de 0,05, y las diferencias estadísticas entre las muestras fueron evaluadas con la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. En el producto extruido se determinaron el índice de gelatinización, según método indicado en Agustini (2004), la capacidad de rehidratación con procedimiento descrito por Suzuki (1987), y el pH a través del método recomendado por AOAC (1995).

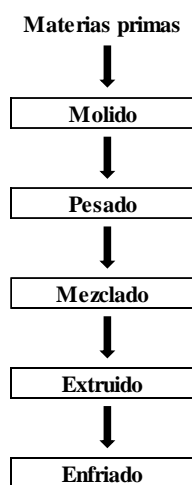


Figura 1: Flujo experimental para elaborar los productos extruidos.

Los ensayos microbiológicos se realizaron utilizando los procedimientos descritos por Ingram *et al.* (1983). Las pruebas fueron: conteo de aerobios en placa a 35 °C, número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales, numeración de *Staphylococcus*, indicador y numeración de mohos y levaduras. Para la prueba de aceptabilidad se utilizó el test de Student (Ureña *et al.*, 1999).

El trabajo se realizó en tres etapas: en la primera se formularon mezclas teóricas con maíz, arroz, cebada, quinua, kiwicha y arvejas complementadas con el concentrado de proteína de calamar gigante. Para ello se utilizó la información de las tablas peruanas de composición de alimentos (Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN), 2017) y el contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas (Food and Agriculture Organization (FAO), 1981). Para evaluar estas mezclas se calculó el *score* o cómputo químico de los aminoácidos esenciales según porcentaje de materias primas en las mezclas, utilizando como patrón los

requerimientos de aminoácidos de niños mayores de dos años, y se seleccionaron cinco con puntaje químico mayor a 100. Estas muestras seleccionadas fueron extruidas utilizando el flujo de procesamiento reportado por Sevatsón y Huber (2000) con modificaciones (figura 1), y se evaluaron sensorialmente para obtener la de mayor preferencia.

La segunda etapa consistió en optimizar los parámetros del proceso de extrusión mediante un diseño experimental en bloques al azar (DBCA). Las variables estudiadas fueron temperatura de extrusión (120, 140 y 160 °C) y adición o inyección de agua (1,5 y 2,0 galones por hora (GPH)). Las variables respuesta fueron el sabor y el olor del producto extruido.

Por último, en la tercera etapa se evaluó la adición de leche en polvo (1,5 y 3 %) con la finalidad de aportar un mayor olor, y de 5 % de azúcar y 1 % de sal en 100 % de la mezcla para definir el sabor (Guy, 2002). El diseño experimental en esta instancia también fue en DBCA, y las variables repuestas fueron la crocancia y el sabor en el producto extruido.

Resultados

Se elaboró una matriz para integrar las materias primas utilizadas en las mezclas propuestas con los nutrientes de cada uno de ellos. En ella se incluyeron la composición química proximal, el contenido de aminoácidos esenciales y los principales minerales. Se tomó como referencia inicial la mezcla utilizada por la empresa Cereales Acostambo S. A., que incluye maíz, cebada, arveja y leche en polvo en la preparación de papilla y que presenta como aminoácido limitante la lisina.

Las mezclas teóricas propuestas buscaron incrementar la lisina y el contenido de cebada, principal cereal de la zona de Acostambo, e incluir arroz, quinua y kiwicha, así como reemplazar leche en polvo por concentrado de proteína de calamar gigante. El *score* químico de aminoácidos esenciales de las nuevas mezclas fue cercano a 100. Se seleccionaron cinco de estas (M₁, M₂, M₃, M₄, M₅) para el proceso de extrusión, y se incluyó la mezcla de la empresa como testigo. La tabla 1 muestra las formulaciones de las mezclas seleccionadas.

Los resultados del *score* químico de las mezclas seleccionadas se muestran en la tabla 2. Se destaca que una sola de las mezclas (M₃) presentó valor inferior de 100 (99 para el triptófano). La tabla 3, por su parte, reporta la granulometría, en promedio, de las harinas de cebada, maíz, arroz y arveja, así como del concentrado de calamar gigante.

Tabla 1: Formulaciones de mezclas seleccionadas (%).

Materias primas	M1	M2	M3	M4	M5	Testigo
Harina de maíz	20,0	31,5	39,0	20,0	30,0	37,7
Harina de arroz	15,0	19,5	25,0	20,0	25,0	26,5
Harina de arveja	16,0	15,0	10,0	15,0	10,0	13,8
Harina de cebada	45,0	30,0	21,0	40,0	27,5	12,8
Concentrado de proteína	4,0	4,0	5,0	5,0	7,5	0,00
Concentrado de soya	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Leche en polvo	0,0	0,0	0,0	00	0,0	8,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabla 2. *Score* químico de aminoácidos de mezclas seleccionadas y testigo.

Aminoácido	Formulaciones ensayadas					Testigo
	M1	M2	M3	M4	M5	
Isoleucina	158	158	161	161	166	156
Leucina	126	133	140	128	135	141
Lisina	102	101	101	105	109	93
Metionina+cistina	148	146	152	151	160	130
Fenilalanina+tirosina	131	131	132	131	132	137
Treonina	118	118	119	119	122	113
Triptófano	109	102	99	108	105	103
Valina	147	146	146	147	146	155
Histidina	126	128	130	126	128	135

Tabla 3. Granulometría de las harinas de cebada, maíz, arroz, arveja y concentrado de proteína de calamar gigante.

Nº malla Retsch	Cebada	Maíz	Arroz	Arveja	Concentrado de proteína
40 (425 µ)	65,35	75,60	44,04	44,65	0,92
50 (300 µ)	20,95	11,45	18,84	9,36	17,81
60 (250 µ)	5,47	5,39	8,96	8,76	19,28
100 (150 µ)	3,59	4,14	12,56	10,10	26,32
200 (75 µ)	3,77	3,22	14,32	22,20	20,05
> 200 (< 75 µ)	0,87	0,20	1,28	4,94	15,62

Tabla 4. Composición química de harinas de cebada, maíz, arroz y arveja (%).

Componentes	Cebada	Maíz	Arroz	Arveja
Humedad	10,60	12,20	11,70	11,50
Proteína	9,90	8,40	6,50	21,70
Grasas	1,80	1,10	1,00	3,20
Ceniza	1,10	8,90	4,00	2,50
Carbohidratos	76,60	69,40	76,80	61,10

Tabla 5. Consolidado de puntajes asignados, según opinión de panelistas, a las muestras y testigo extruidas.

Panelistas	M1	M2	M3	M4	M5	Testigo
1	1,0	4,0	5,0	6,0	3,0	2,0
2	5,5	2,0	5,5	4,0	2,0	2,0
3	3,0	5,5	2,0	4,0	1,0	5,5
4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
5	3,0	3,0	3,0	6,0	3,0	3,0
6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
7	5,0	5,0	2,0	2,0	5,0	2,0
8	3,5	5,5	1,5	5,5	1,5	3,5
9	5,0	6,0	4,0	2,0	1,0	3,0
10	4,5	1,0	4,5	4,5	4,5	2,0
Total	37,5	39,0	34,5	41,0	28,0	30,0

El concentrado de proteína de calamar gigante se presentó como un polvo blanco lechoso, de olor agradable y suave a marisco; el sabor fue neutro. La composición química de las harinas de cereales y de la arveja se muestra en la tabla 4. El concentrado de proteína de calamar gigante presentó 5,90 % de humedad, 85,98 % de proteína, 5,79 % de grasa, 1,74 % de ceniza, y 0,59 % de carbohidratos.

La calificación consolidada de la prueba de preferencia se muestra en la tabla 5. Los resultados estadísticos de las muestras extruidas indicaron que no existió diferencia significativa ($p \geq 0,05$) entre ellas, por lo que, para la selección de la mezcla, se utilizaron el valor de cómputo de lisina (105) y el contenido de cebada (40 %) en la mezcla. De este modo se eligió el producto extruido elaborado con la M₄. Todas las muestras extruidas ensayadas presentaron adecuada cocción. Con la mezcla M₄ se procedió a optimizar los parámetros del proceso de extrusión. Las variables estudiadas fueron temperatura de extrusión y caudal de inyección de agua. Se mantuvieron constantes el caudal de alimentación (35 kg/h) y la humedad en la mezcla (12,5 %). En la figura 2 se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los productos extruidos elaborados con las variables consideradas: V₆ (120 °C

y 1,5 GPH), V₇ (140 °C y 1,5 GPH), V₈ (160 °C y 1,5 GPH), V₉ (120 °C y 2 GPH), V₁₀ (140 °C y 2 GPH) y V₁₁ (160 °C y 2 GPH).

Los resultados de las pruebas de preferencia de las muestras extruidas, según los atributos de crocancia y sabor, indicaron que había diferencias significativas entre ellas ($p \leq 0,05$). Por su parte, el análisis de comparaciones múltiples realizadas mostró que las muestras V₁₀ y V₁₁ no presentaron diferencias significativas entre sí y fueron las de mayor preferencia entre los panelistas. De este modo se eligieron los parámetros de elaboración de la muestra V₁₀ (140 °C y 2 GPH) como los más apropiados. Las mezclas finales para evaluar la adición de leche en polvo y azúcar se muestran en la tabla 6.

Los resultados de la evaluación sensorial según los atributos de sabor y olor, con las muestras extruidas elaboradas (M₁₂ y M₁₃), indicaron que había diferencias significativas entre ellas ($p \leq 0,05$), siendo la muestra extruida con 2,78 % de leche en polvo (M₁₃) la de mayor preferencia. Los panelistas reportaron que dicha variable presentó un ligero olor característico a leche y sabor dulce. La tabla 7 refleja la composición química proximal del producto final (M₁₃) en contraste con la de un producto comercial.

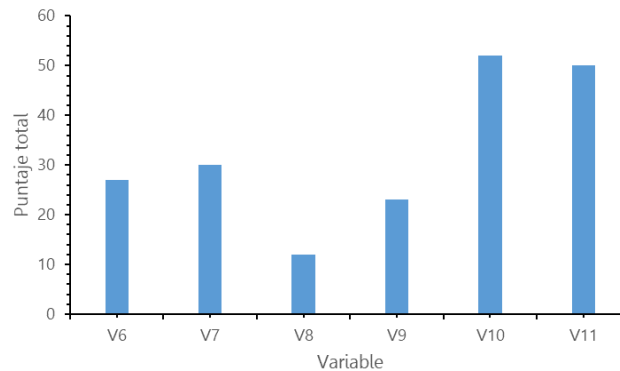


Figura 2. Preferencias según puntajes de las muestras extruidas.

Tabla 6. Formulaciones complementadas con leche en polvo y azúcar (%).

Insumos	M12	M13
Harina de maíz	18,78	18,52
Harina de arroz	18,78	18,52
Harina de arveja	14,08	13,89
Harina de cebada	37,56	37,04
Concentrado de proteína	4,69	4,63
Leche en polvo	1,41	2,78
Azúcar	4,69	4,63
Total	100,00	100,00

Tabla 7. Composición química del producto final y un producto comercial (%).

Componentes	Extruido de cereales con Concentrado de proteína de calamar gigante	Producto comercial de cereales
Humedad	5,44	5,00
Proteína total (N x 6.25)	13,34	8,80
Extracto etéreo	0,57	2,30
Fibra	0,76	8,50
Ceniza	1,77	-
(ELN) carbohidratos	78,56	74,30
Calorías (Kcal/100 g)	372,16	350,80

El índice de gelatinización del producto final fue 98,36 % (de acuerdo a la NTP-209.260 de 2004, se establece, para productos extruidos, un índice de gelatinización mayor de 94 %). Por otro lado, la actividad de agua fue 0,484, y el pH del producto extruido fue de 5,6, con una capacidad de rehidratación de 5,59. Los resultados microbiológicos fueron: recuento de aerobios mesófilos (UFC/g) < 250; coliformes totales (NMP/g) < 3, y recuento de mohos y levaduras (UFC/g) = 400. Estos valores se encontraron por debajo de los límites que exige la NTP-209.260.

Discusión

Con la matriz se pudo formular 60 mezclas con las distintas materias primas consideradas, de ellas se seleccionaron cinco (5) mezclas que presentaron mayor contenido de cebada (de 12,8 % hasta 45,0 %) (tabla 1). La cebada es el principal cereal andino que se cultiva en la zona de Acostambo, para atender la economía familiar (Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES), 2020), por otro lado, se buscó darle un valor agregado a dicho cereal.

El *score* químico de aminoácidos utilizado para evaluar las mezclas seleccionadas (tabla 2) reportó que todas las mezclas superaron el valor recomendado por la NTP-209.260 (2004) para todos los aminoácidos esenciales de un producto

enriquecido para niños mayores de 2 años; este valor no debe ser menor de 80, por ello todas las mezclas propuestas (superiores a ese valor) fueron apropiadas nutricionalmente, respecto a los aminoácidos y fueron consideradas para elaborar el producto extruido.

McNurlan (2012) menciona que, en determinadas circunstancias, es beneficioso una ingesta proteica por encima de las cantidades necesarias para mantener el equilibrio nitrogenado; hay casos especiales en los cuales es deseable incrementar la ingesta de aminoácidos específicos. Así, se reconoce que la leucina es un regulador potencial de la síntesis de proteínas en una gran variedad de circunstancias; por ello una ingesta elevada de leucina puede ayudar a vencer la resistencia normal a los efectos anabólicos.

La granulometría de las harinas de cebada y maíz presentó en promedio 70,47 % de partículas superiores a 425 μ , y en el arroz y la arveja el 58,44 % en promedio tuvieron partículas superiores a 300 μ . Al respecto, Mercier *et al.* (1989) mencionan que la granulometría de las harinas utilizadas tiende a influir en la textura del producto extruido final: si se desea una textura final blanda, el mayor porcentaje de las partículas debe estar entre 180 y 250 μ ; si por el contrario se desea una textura más crujiente, el mayor porcentaje deberá estar entre 425 y 850 μ . Entretanto, el concentrado de proteína

de calamar gigante presentó el 61,99 % de las partículas inferiores a 150 μ , considerada una molienda muy fina. Ahora, si bien el tamaño de partículas de las harinas utilizadas en la mezcla que se va a extrudir es relevante para el procesamiento, es recomendable que las partículas no sean muy pequeñas pues estas funden rápidamente y no tienen buenas propiedades de transporte, mientras que, por el contrario, las de mayor tamaño (como máximo 1410 μ) retrasan la gelatinización del almidón hasta justo antes de salir del dado, haciendo más fácil su transporte (Mercier *et al.*, 1989). La granulometría de las mezclas fue orientada para obtener productos crujientes. Por otra parte, las características sensoriales del concentrado de proteína de calamar gigante fueron atribuidas al procesamiento realizado y reportado por Lazo (2006). Estas características no influyeron en las mezclas elaboradas, y no se percibió olor a calamar gigante o marisco.

La composición química proximal del concentrado de proteína de calamar gigante fue similar al reportado por Lazo (2006) y a los valores propuestos por el Comité Consultivo Concentrado Proteico de Pescado del tipo A (Bourgeois y Le Roux, 1986). El contenido de grasa (5,79 %), por su lado, fue un poco elevado respecto al reportado por Lazo (2006). En este sentido, Sikorski (1994) reporta que este componente varía según la época y zona de captura, el sexo, el estado de madurez sexual, entre otros factores. Además, de los resultados se deben destacar los altos contenidos de proteínas del concentrado de calamar gigante (85,98 %) y de carbohidratos en las harinas de los cereales y arveja utilizadas (61,10-76,80 %), así como el bajo contenido de humedad (<12,20 %). Con relación a esta última variable, Riaz (2000) recomienda que el contenido de humedad, para un proceso óptimo de extrusión de las harinas, no exceda del 14 %.

Después del proceso de extrusión, todas las muestras fueron aceptadas sin ningún rechazo a pesar de no presentar sabor dulce o salado. Asimismo, en ninguna de las muestras se pudo notar olor ni sabor residual a calamar gigante. Las pruebas de preferencia de las cinco muestras extruidas y el testigo, cuyos puntajes consolidados se reportan en la tabla 5, se analizaron estadísticamente e indicaron que no existe diferencia significativa en cuanto a la preferencia por alguna de las muestras extruidas. De tal modo, se escogió la M₄ por el mayor contenido de cebada y lisina, pues Ramón (2006) afirma que este aminoácido esencial es muy importante en el desarrollo infantil y ayuda a mejorar la función inmunitaria, colaborando en la formación de anticuerpos, al tiempo que optimiza la función gástrica, minimiza el daño que la glucemia alta causa

en los ojos, contribuye en la reparación celular, participa en el metabolismo de los ácidos grasos y en la síntesis del colágeno, ayuda al transporte y la absorción del calcio, asegurando su distribución y, junto a la vitamina C, parece retardar o impedir las metástasis cancerosas.

Los resultados de la prueba de preferencia, según los atributos de crocancia y sabor, y el análisis de comparaciones múltiples de los extruidos V₆, V₇, V₈, V₉, V₁₀ y V₁₁ con la mezcla M₄ (figura 2) indicaron que había diferencias significativas entre ellas, siendo la muestra V₈ la que presentó la menor preferencia. Según las observaciones de los panelistas, esta muestra presentó sabor y olor a "quemado", lo que fue atribuido a la mayor temperatura y al menor caudal de inyección de agua utilizada, que generó un bajo contenido de humedad de la mezcla y permitió que esta alcanzara un grado de cocción excesivo. Las muestras V₆ y V₇ también presentaron un ligero sabor y olor a "quemado", pero en menor intensidad que la variable V₈. Las muestras V₁₀ y V₁₁ por su parte no arrojaron diferencias significativas entre sí, y fueron las de mayor preferencia entre los panelistas. En estos dos casos, el aumento de la humedad de la mezcla evitó el quemado y fue atribuido al mayor caudal de agua en el extrusor.

En relación con lo anterior, Mosso *et al.* (1982), citados por Mottaz y Bruy (2002), realizaron un estudio sistemático de las condiciones de operación sobre la temperatura utilizando un producto alimenticio complejo (una mezcla de varias harinas) y mostraron que, aumentando el contenido de humedad (con caudal de alimentación y velocidad de tornillo constantes), se reduce la temperatura de la mezcla, por lo cual se requiere una mayor temperatura de extrusión para lograr un grado de cocción óptimo. Esto explica que las variables con menor contenido de humedad (V₆, V₇ y V₈) se hayan sobrecocinado al ser sometidas a altas temperaturas. En cambio, las muestras V₁₀ y V₁₁, que contaban con mayor humedad, necesitaban una mayor temperatura para alcanzar una cocción más adecuada sin llegar a quemarse.

Por otro lado, Riaz (2000) reporta que no se debe trabajar con temperaturas altas en el cilindro del extrusor con mezclas de humedades bajas debido a que se promueve la reacción de Maillard en el desarrollo de la extrusión. Los azúcares reductores, incluyendo los que se forman durante el cizallamiento del almidón y la sacarosa, pueden reaccionar con lisina, bajando de este modo el valor nutritivo de la proteína. Por ello se seleccionó la muestra V₁₀, elaborada con 140 °C y 2 GPH, pues su temperatura fue menor respecto a la V₁₁ (160 °C y 2 GPH).

La definición del sabor y del olor del producto extruido final consideró dos mezclas adicionales (M₁₂ y M₁₃). Con la adición de leche en polvo se mejoraron el contenido y la calidad de la proteína de las mezclas. Por otro lado, la adición de azúcar en el producto extruido permitió mejorar su sabor. El azúcar cambia la textura del extruido cuando se seca y puede formar un cristal menos poroso en las paredes de la célula para dar un mordisco más crujiente (Guy, 2002), lo que explicaría que los panelistas señalaran que la textura de ambos productos fuera crujiente. La prueba de preferencia de los extruidos reportó que la muestra M₁₃ alcanzó la mayor preferencia, y fue considerado como producto final.

Respecto a la composición química del producto extruido final, los valores de humedad, proteína y fibra estuvieron dentro de los requerimientos de la NTP-209.260. La cantidad de carbohidratos (ELN) presente en el producto final fue similar a la del producto comercial denominado cereales para desayuno. Ello se debe a que los insumos utilizados en las formulaciones experimentales fueron harinas con altos contenidos de carbohidratos. El aporte calórico fue de 372,16 kcal/100 g, lo que, según requerimiento de energía del INS (2015), atendería el 26,58 % del requerimiento diario de niños de siete años. El índice de gelatinización fue 98,36 %, valor que indicó la cocción completa de la mezcla. Respecto a su capacidad de rehidratación, que es atribuido al estado de la proteína, los resultados encontrados (5,59) sugieren que los parámetros del proceso de extrusión no afectarían mayormente a este nutriente. Suzuki (1987), por ejemplo, reporta grados de rehidratación de las proteínas de 6,2. Finalmente, el pH fue 5,6, con una actividad de agua de 0,484. Todas estas características, además de los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos, confirmaron las condiciones de elaboración del producto y cumplieron con los requerimientos para alimentos de consumo humano directo.

Como conclusión, es posible afirmar que se pudo elaborar un producto extruido con una mezcla de harinas de cereales (cebada, maíz y arroz) más harina de arveja, leche en polvo y un concentrado de proteína de calamar gigante que cumplió con los requerimientos para alimentos cocidos destinados a la población infantil, y el concentrado de proteína de calamar gigante adicionado no afectó las características sensoriales del producto extruido. Por otro lado, los parámetros óptimos para el proceso de extrusión determinados en el presente trabajo fueron: caudal de inyección de agua de 2 GPH y temperatura de extrusión de 140 °C. El producto extruido presentó muy buena aceptación y cumplió con la NTP-209.260 respecto a la

cantidad de proteínas y aminoácidos esenciales y aporte energético.

Agradecimientos

Al Concejo de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) por el financiamiento del presente trabajo de investigación. A la empresa Cereales Acostambo S.A. y Caritas del Perú por las facilidades prestadas durante su desarrollo.

Referencias

- Asociación Española de Fabricantes de Cereales, (AEFC). 2020. Asociación Española de Fabricantes de Cereales. [URL: http://www.asociacioncereales.es/asociacion/cereales-y-alimentacion/informacion-nutricional/](http://www.asociacioncereales.es/asociacion/cereales-y-alimentacion/informacion-nutricional/). Consultado: 9 de febrero 2021.
- Agustiniano, J. 2004. Obtención de un producto con almidón resistente mediante extrusión a partir de almidón de mango *Mangifera indica* L. (VAR. Tommy Atkins). Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Yautepec, Morelos, México.
- Asociación Internacional de Químicos Analíticos, AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of AOAC International. 2 vols*. Association of Analytical Communities. 16th ed. Arlington, Virginia.
- Bourgeois, C. y Le Roux, P. 1986. *Proteínas Animales*. Editorial El Manual Moderno. México D.F.
- Conover, W. 1980. *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley & Sons, New York.
- Córdova, J. 2016. Efecto del polvo proteico de pota (*Dosidicus gigas*) como insumo para la elaboración de yogurt. Tesis de Magister en Ciencias de los Alimentos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, CENAN 2017. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. URL: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Consultado: 9 de febrero 2021.
- Cugíño, M. 2008. Desarrollo de alimentos precocidos por extrusión a base de maíz-leguminosa. Tesis de Maestría. Instituto de Tecnología de los Alimentos (ITA) Facultad de Ingeniería Química. Santa fe, Argentina.
- Delahaye, P.; 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.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1981. Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y datos Biológicos sobre las Proteínas. _URL: <http://www.fao.org/3/AC854T/AC854T00.htm>. Consultado: 15 de febrero 2021.
- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES) 2020. Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social. Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social. URL: <http://www.foncodes.gob.pe/portal/index.php/comunicacion-e-imagen/noticias-y-comunicaciones/item/1341-huancavelica-empresarios-rurales-cosechan-cebada-y-trigo-y-reactivan-economias-familiares> . Consultado: 09 de febrero de 2021.
- Gibney, M., Vorster, H. y Kok, F. 2002. *Introducción a la nutrición humana*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza.
- Guy, R. 2002. *Extrusión de los alimentos*. Editorial Acribia S.A, Zaragoza.
- Ingram, M., Bray, D. y Clark, D. 1983. *Microorganismos de los Alimentos. Técnicas de Análisis Microbiológicos*. Editorial Acribia S.A, Zaragoza.
- Instituto Nacional de Salud (INS) 2015. Informe Técnico Requerimiento de Energía para la población peruana. _URL: <https://www.portal.ins.gob.pe/es/component/rsfiles/preview>. Consultado: 09 de febrero de 2021.
- Lazo, L. 2006. Elaboración de harina de papa (*Dioscorea esculenta*) precocida para consumo humano. Tesis de pregrado ingeniero pesquero. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- McNurlan, M. 2012. New perspectives in the control of body protein metabolism. *British Journal of Nutrition* 108: 2: S94-S104. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0007114512002449> .
- Mercier, C., Linko, P. y Harper, J. 1998. *Extrusion Cooking*. American Association of Cereal Chemists, Inc, Minnesota.
- Milán-Carrillo, J., Reyes-Moreno, C., Camacho-Hernández, I.L. y Rouzaud-Sandez, O. 2002. Optimization of extrusion process to transform hardened chickpeas (*Cicer arietinum* L) into a useful product. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 1718-1728.
- Citar como:** Roldán-Acero, D.J., Omote-Sibina J.R., Osorio-Lescano, C.M. y Molleda-Ordoñez, A.A. 2021. Desarrollo de un producto extruido a base de cereales y concentrado de proteína de calamar gigante (*Dosidicus gigas*). *Intropica* 16(1): 34-42. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.3777>.
- Mosso, K.; Jeunink, J. y Cheftel, J.C. 1982. Température, pression et temps de séjour d'un mélange alimentaire dans un cuiseur-extrudeur bi-vis. Influence des paramètres opératoires. *Industries alimentaires et agricoles* 99: 5-18.
- Mottaz, J. y Bruy, L. 2002. Rendimiento térmico optimizado en la extrusión. En: Guy, R. *Extrusión de los alimentos*. Editorial Acribia, Zaragoza.
- Muller, H. y Tobin, G. 1986. *Nutrición y Ciencia de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A, Zaragoza.
- NTP-209.260. 2004. Norma técnica peruana. Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales. INDECOPI. Alimentos cocidos de reconstitución instantánea. Papilla. Requisitos. Lima, Perú.
- Perry, J. 1980. *Manual del Ingeniero Químico*. Editorial Hispano Americana. México D.F.
- Ramón, J. 2006 Aminoácidos esenciales. Revista virtual Discovery salud. Madrid. Url: http://www.ds salud.com/medicinaorto_numero56.htm . Consultado: 15 de febrero de 2021.
- Riaz, M. 2000. *Extrusores en las aplicaciones de alimentos*. Editorial Acribia S. A. Zaragoza.
- 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.
- Sikorski, Z. 1994. *Tecnología de los Productos del Mar: Recursos, Composición Nutritiva y Conservación*. Editorial Acribia S. A., Zaragoza.
- Suzuki, T. 1987. *Tecnología de las Proteínas de Pescado y Krill*. Editorial Acribia. SA. Zaragoza.
- Ureña, M., D'arrigo, M. y Giron, O. 1999. *Evaluación sensorial de los alimentos, aplicación didáctica*. Editorial Agraria, Lima.
- Yanova, M., Oleynikova, E., Sharopatova, A. y Olentsova, J. 2019. Increasing economic efficiency of flour production from grain of the main cereal crops by extrusion method. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science* 315 022024. Doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/2/022024>.