

Revalorizando un subproducto de cervecería. Desarrollo de un snack pronto para consumir obtenido por extrusión

Revaluing a brewery by-product. Development of a snack ready to consume obtained by extrusion

Reavaliação de um subproduto da cervejaria. Desenvolvimento de um snack pronto a consumir obtido por extrusão

 **LUCIANA TALMÓN** (1)

 **MARÍA ARBURÚA** (1)

 **SONIA COZZANO** (1)

 **PATRICIA ARCIA** (1)(2)

(1) Área de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Departamento de Ingeniería, Facultad de Ingeniería y Tecnologías, Universidad Católica del Uruguay (UCU). Montevideo, Uruguay.

(2) Latitud - Fundación LATU. Montevideo, Uruguay.

RECIBIDO: 29/12/2021 → APROBADO: 3/6/2022 ✉ parcia@latitud.org.uy

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue revalorizar y encontrarle un uso para consumo humano a un subproducto del proceso de elaboración de cerveza industrial, contribuyendo así al desarrollo de la economía circular. El polvo de grano es un subproducto obtenido durante la elaboración industrial de cerveza, y consiste en una mezcla de maíz y cebada en una proporción no definida. Se realizó la caracterización proximal del polvo de grano seguido del desarrollo de un producto mediante la tecnología de extrusión. Respecto a la caracterización proximal se destacó su alto contenido de fibra. El desarrollo de productos (snacks) se realizó teniendo en cuenta el contenido de fibra para alcanzar los claims “fuente de fibra” y “alto en fibra” en su etiquetado, según el reglamento del MERCOSUR. Se utilizó un extrusor simple tornillo (velocidad constante de 150 rpm, temperatura constante de 130 °C), variando la humedad de la mezcla y la proporción de ingredientes adicionales para lograr la mayor aceptabilidad de los consumidores. El snack extruido de mayor aceptabilidad se comparó con dos cereales del mercado. Se logró obtener un producto listo para consumir utilizando un subproducto del proceso de elaboración de cerveza como ingrediente funcional, con valor nutritivo y fibra, la cual es beneficiosa para la prevención de enfermedades no transmisibles.

Palabras clave: aceptabilidad, fibra alimentaria, ingrediente funcional.

ABSTRACT

The aim of this work was to re-evaluate and find a use for human consumption of a by-product of the industrial brewing process, that contributes to the development of the circular economy. Grain powder is a by-product, obtained during the industrial brewing of beer and consists of a mixture of corn and barley, in an undefined proportion. Proximal characterization of the grain powder was performed followed by product development applying extrusion technology. Regarding the proximal characterization (humidity, proteins, ashes, fats and fiber), its high fiber content was highlighted. The development of products (snacks) was carried out taking into account the fiber content to obtain products with the claims "source of fiber" and "high in fiber" on their labeling according to the MERCOSUR regulation. A single screw extruder was used (constant speed of 150 rpm constant, temperature of 130 °C) varying the humidity of the mixture, and the proportion of ingredients to achieve the highest consumer acceptability. The extruded snack with the highest acceptability was compared with two cereals from the market. It was possible to obtain a product ready-to-consume (product) using a by-product of the brewing process as a functional ingredient, with nutritional value, such as fiber content, beneficial for the prevention of non-communicable diseases.

Keywords: acceptability, dietary fiber, functional ingredient.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi reavaliar e encontrar um uso para consumo humano de um subproduto do processo industrial de fabricação de cerveja para contribuir ao desenvolvimento da economia circular. O pó de grão é um subproduto, obtido durante a fermentação industrial da cerveja, e consiste na mistura de milho e cevada, em proporção indefinida. A caracterização proximal do pó de grão foi realizada seguida do desenvolvimento do produto usando a tecnologia de extrusão. Em relação à caracterização proximal (umidade, proteínas, cinzas, gordura e fibra), destacou-se seu alto teor de fibra. O desenvolvimento dos produtos (snacks) foi realizado levando-se em consideração o teor de fibra para a obtenção de produtos com a menção "fonte de fibra" e "alto teor de fibra" em sua rotulagem conforme ao regulamento do MERCOSUL. Foi utilizada uma extrusora de rosca única (velocidade constante de 150 rpm, temperatura constante de 130 °C), variando a umidade da mistura e ingredientes adicionais para atingir a maior aceitabilidade do consumidor. O snack extrusado com maior aceitabilidade foi comparado com dois cereais existentes no mercado. Foi possível obter um produto pronto para consumo utilizando um subproduto do processo de fermentação como ingrediente funcional, com valor nutricional, como teor de fibra, benéfico para a prevenção de doenças não transmissíveis.

Palavras-chave: aceitabilidade, fibra alimentar, ingrediente funcional.

INTRODUCCIÓN

En los procesos productivos de la industria cervecera se generan diversos desechos y subproductos, los cuales deben tratarse de manera tal que su disposición final no afecte al medio ambiente. Entre ellos los más importantes son el BSG (brewer's spent grain), conocido localmente como bagazo, y la levadura (Manolikaki y Diamadopoulos, 2020; Mussatto,

et al., 2006). El bagazo es el subproducto más abundante generado por el proceso de elaboración de cerveza, representando aproximadamente el 85% del total de los subproductos obtenidos (Lynch, et al., 2016). La levadura, que en el proceso se regenera sucesivas veces, es el segundo subproducto más importante después del bagazo (Ferreira, et al., 2010). Además, las empresas pueden presentar un tercer subproducto denominado localmente como polvo de grano. Este subproducto se genera durante el transporte de la cebada malteada y los adjuntos ya molidos hacia la etapa de maceración. Dicho material es removido del proceso y destinado en la actualidad para alimentación animal (com. per. FNC).

El polvo de grano, al provenir básicamente de granos de cebada malteada (molidos) y maíz molido, representa un material con valor nutricional de interés principalmente como fuente de fibra, por lo cual merece especial atención investigar y evaluar su factibilidad como ingrediente para el desarrollo de alimentos funcionales.

El consumo de fibra dietética está inversamente relacionado con las enfermedades no transmisibles como la obesidad, la diabetes tipo 2, el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Lattimer y Haub, 2010). La fibra insoluble evita el estreñimiento, mientras que la fibra soluble está asociada a la disminución de la absorción del colesterol y la glucosa a nivel intestinal (Selani, et al., 2014). Existe una relación entre el aumento del consumo de fibra y la disminución de la respuesta glucémica en los diabéticos (Chau, et al., 2004).

De acuerdo con el último Informe Global de Diabetes de la Organización Mundial de la Salud, la prevalencia de la diabetes a nivel mundial casi se duplicó entre 1980 y 2014, pasando del 4,7% (108 millones de personas) al 8,5% (422 millones de personas) en la población adulta (Organización Mundial de la Salud, 2016). Esto se correlaciona con el aumento de factores de riesgo como el sobrepeso y la obesidad. Según el Ministerio de Salud Pública (Uruguay. Ministerio de Salud Pública, 2016), en Uruguay cuatro de cada diez adultos entre 25 y 64 años presentan sobrepeso y tres, obesidad; además de una prevalencia de diabetes del 11,1% (Organización Mundial de la Salud, 2016).

Respecto al procesamiento de granos o derivados para su transformación en un alimento funcional, se plantea la extrusión como una tecnología factible, la cual consiste en un procesamiento térmico que supone la aplicación de altas temperaturas, altas presiones y fuerzas de corte (Zhang, et al., 2011). La elevada temperatura y el corto tiempo, junto con la presión y los efectos de cizallamiento, pueden causar numerosas modificaciones físicas y químicas en el alimento extruido. Por lo tanto, la extrusión permite una transformación fisicoquímica o alteración conformacional de los componentes alimentarios para lograr atributos deseables en las matrices alimentarias (Arora, et al., 2020). Es una tecnología que resulta interesante para desarrollar alimentos expandidos listos para consumir (Höglund, et al., 2018), por lo que ha sido ampliamente utilizada en la elaboración de productos como cereales (Robin, et al., 2012; Mensa-Wilmot, et al., 2001), tortas (Hosseini y Haghghi, 2018), snacks de maíz (Peksa, et al., 2016; Dzyuba, et al., 2019) y productos sin gluten (Kręcisz y Wójtowicz, 2017), entre otros. Mediante un método de alta productividad, versatilidad y bajo costo se logra obtener una textura y un sabor aceptados por los consumidores (Mazotto, et al., 2017).

En este contexto, se establece como objetivo la revalorización del polvo de grano de la industria cervecera como nuevo ingrediente funcional mediante el desarrollo de un snack extruido listo para el consumo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la materia prima: polvo de grano

El polvo de grano fue provisto por la empresa FNC (Fábricas Nacionales de Cerveza, Planta de Minas, Uruguay) y mantenido en refrigeración (4 °C) dentro bolsas de polietileno de baja densidad selladas para mantener la humedad hasta el momento de su análisis.

Composición nutricional

El polvo de grano fue caracterizado fisicoquímicamente. El contenido de humedad se determinó por análisis gravimétrico en un horno de convección a 105 °C hasta peso constante. El contenido de proteína fue determinado por el método de Kjeldahl AOAC 984.13 (AOAC International, 2012a) y el de fibra dietética total por el método AOAC 985.29 (AOAC International, 2012b). Siguiendo el procedimiento ISO 6492 (International Organization for Standardization, 1999) se determinó el contenido de lípidos, y el análisis de cenizas se realizó en un horno de mufla siguiendo el ISO 5984 (International Organization for Standardization, 2002). Los carbohidratos totales fueron obtenidos por diferencia entre el peso total y la suma de los gramos de proteína, grasa, fibra, humedad y cenizas, contenidos en 100 gramos de muestra. Los análisis se realizaron por triplicado. Se presenta la media de cada dato junto con su desviación estándar.

Desarrollo de productos

Para el desarrollo de los productos se consideraron los siguientes ingredientes: polvo de grano, harina de arroz, edulcorante (sucralosa), esencia de vainilla y agua. Se tomaron como variables la humedad de la preparación (humedad de la mezcla de ingredientes, ajustada a través del agregado de agua a la mezcla) y la proporción de polvo de grano:harina de arroz. La humedad de la mezcla se varió en dos niveles: 17% y sin ajustar (humedad propia de la mezcla). La proporción de polvo de grano:harina de arroz se varió a dos niveles de manera de alcanzar productos con el claim "alto en fibra" y "fuente de fibra". En total se formularon 4 productos (Tabla 1).

La elección de la harina de arroz como ingrediente, así como el ajuste de la humedad de la mezcla, fue definida en base a pruebas preliminares. En dichas pruebas se realizaron ensayos con harina de arroz, harina de trigo y harina de maíz. Se evaluó el efecto de estos ingredientes en las características sensoriales del producto final, resultando el producto con harina de arroz el más aceptado por los consumidores. Respecto al ajuste de la humedad de la mezcla, se realizaron ensayos a una humedad alta (25%), a una humedad media (17%), y a la humedad propia de la mezcla, resultando los productos de estos dos últimos puntos adecuados en cuanto a su textura. La humedad del 25% resultó en productos con consistencia blanda, no aceptables sensorialmente. Los productos "alto en fibra" y "fuente de fibra" se formularon de acuerdo con lo siguiente:

Producto "alto en fibra": el polvo de grano fue mezclado con harina de arroz en una proporción 60:40 (polvo de grano:harina de arroz). Con esta relación de ingredientes es posible obtener un producto en cuya etiqueta pueda incluirse el alegato a la salud de "alto en fibra", es decir, un producto con un contenido de fibra mayor o igual a 5 g por porción,

según el reglamento MERCOSUR Resolución N°01/12 (MERCOSUR, 2012). Para este snack se consideran 30 g como porción.

Producto “fuente de fibra”: el polvo de grano fue mezclado con harina de arroz en una proporción 30:70 (polvo de grano:harina de arroz) de manera de lograr el claim “fuente de fibra”, es decir, un producto con un contenido de fibra mayor o igual a 2,5 g por porción, según el reglamento MERCOSUR Resolución N°01/12 (MERCOSUR, 2012).

Preparación de mezclas

Se realizaron dos formulaciones para “alto en fibra” y para “fuente de fibra”. Una de ellas se preparó con un contenido de humedad del 17%, que es el valor medio entre los valores extremos propuestos en los ensayos preliminares (humedad propia de la mezcla y 25% de humedad), y la otra preparación sin ajustar (humedad propia de la mezcla). En el caso de la mezcla donde se ajustó la humedad al 25%, se calculó la cantidad de agua necesaria para alcanzar dicho valor en la mezcla, se añadió mediante un pulverizador, y se mezcló hasta que la muestra fuera homogénea. Las mezclas se mantuvieron en bolsas cerradas y en refrigeración por 24 horas hasta el momento de ser extruidas.

Se incorporaron como ingredientes adicionales 1,5% de edulcorante en polvo (Splenda®) y 1% de vainilla líquida de la marca Monte Cudine para lograr una mayor aceptabilidad del snack.

TABLA 1. Diseño experimental.

Formulación	Humedad (%)	Composición	Código
Alto en fibra	17	60% polvo de grano, 40% harina de arroz	AF 17
Alto en fibra	8	60% polvo de grano, 40% harina de arroz	AF 8
Fuente de fibra	17	30% polvo de grano, 70% harina de arroz	FF 17
Fuente de fibra	10	30% polvo de grano, 70% harina de arroz	FF 10

Extrusión

Para la cocción por extrusión se utilizó un Extrusor Brabender E330, de tornillo simple. Su velocidad se mantuvo constante a 150 rpm, al igual que el diámetro de la boquilla (0,4 cm). Los experimentos se realizaron a temperatura fija de 130 °C. Los productos extruidos, cortados en trozos de 1,5 cm aproximadamente, fueron colectados en bolsas y mantenidos a temperatura ambiente hasta el momento de su análisis.

Propiedades físicas

Los 4 productos formulados (Tabla 1) fueron analizados de acuerdo con su densidad, color, dureza instrumental y capacidad de retención de agua.

Densidad

La densidad de las muestras fue calculada utilizando la siguiente ecuación (Höglund, et al., 2018):

$$\rho_b = \frac{4 \times m_e}{\pi \times (D_e)^2 \times L_e}; \text{ Kg} \times \text{m}^{-3}$$

En donde:

ρ_b : densidad aparente, $\text{Kg} \times \text{m}^{-3}$

m_e : masa de la muestra, Kg

L_e : largo de los extruidos, m^3

D_e : diámetro de los extruidos, m

Se tomaron 20 muestras, se midieron sus largos utilizando un calibrador vernier y el promedio de estas medidas fue el L_e . Para hallar el D_e se promedió la medida del diámetro en tres puntos del extruido (medidos también con un calibrador).

Determinación de color

El color del producto se determinó mediante el equipo LabScan XE, HunterLab. La muestra previamente triturada fue colocada cubriendo toda la superficie de la placa de vidrio, sobre la cual incide el haz de luz. La medida se realizó en tres puntos de cada muestra y por triplicado. Se indicó para cada producto el valor de L^* , y se calculó el croma y la tonalidad. El croma se calculó utilizando la ecuación: $\sqrt{a^2 + b^2}$ y la tonalidad se calculó a partir del $\arccot(a/b)$.

Determinación de dureza instrumental

La dureza del producto se determinó mediante el análisis con texturómetro (TA.Xtplus, USA), con una sonda cilíndrica de aluminio de 25 mm, a una velocidad de bajada de la sonda de 2,0 mm/s y a una compresión del 90%. La dureza, expresada como fuerza de compresión, se midió utilizando muestras de snack, de 1 cm de largo, colocadas de forma horizontal. La energía necesaria para cortar la muestra se obtuvo calculando el área de pico de la curva fuerza-tiempo. Las mediciones se basaron en 10 repeticiones (Zheng, et al., 2020).

Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua de los cereales fue determinada añadiendo 10 mL de agua destilada a 1 g de la muestra (producto extruido). La suspensión se homogeneizó en un vórtice durante 1 min y se dejó a temperatura ambiente durante 24 h. Luego de este tiempo se centrifugó a 1006 g durante 10 minutos, se eliminó el sobrenadante y se pesó el residuo. La capacidad de retención se expresó como gramos de agua retenidos por 1 g de muestra seca (Huang y Ma, 2016).

Evaluación sensorial

Evaluación preliminar

Para estudiar la aceptabilidad de los snacks elaborados se llevó a cabo una evaluación sensorial con un grupo reducido de consumidores ($n = 40$), donde a cada consumidor se le proporcionaron bolsas individuales y selladas de 1 g de producto (numeradas con un número aleatorio de tres dígitos) junto con un recipiente de 10 g de yogur natural comercial.

Para evaluar la aceptabilidad de los cereales extruidos se utilizó en la boleta de evaluación una escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde el 1 representa el “me disgusta muchísimo” y el 9 “me gusta muchísimo”.

Evaluación de la aceptabilidad del snack desarrollado: comparación con productos del mercado

Con el objetivo de comparar el snack extruido -seleccionado previamente- con los cereales del mercado que contuvieran el claim “alto en fibra” o “fuente de fibra”, se llevó a cabo una evaluación sensorial que consistió en una única sesión. El snack experimental elegido en ensayos preliminares fue servido junto con dos cereales comerciales, uno con forma de copos (cereal 1, “fuente de fibra”) y otro con forma de palitos (cereal 2, “alto en fibra”). La información nutricional de los cereales evaluados se puede observar en la Tabla 2. La información nutricional de los cereales comerciales fue obtenida de la etiqueta de los productos, mientras que en el caso del cereal experimental se determinó por cálculo teórico.

TABLA 2. Información nutricional de los cereales evaluados.

	Cereal 1	Cereal 2	Cereal experimental
Valor energético (kcal)	319	275	319
Carbohidratos (g)	67	37	69
Proteínas (g)	8,7	10	8,3
Grasas totales (g)	1,8	3,3	0,4
Grasas saturadas (g)	0,3	0	0
Grasas trans (g)	0	0	0
Fibra (g)	15	43	10
Sodio (mg)	195	173	6,2*

Resultados expresados como contenido en 100 g de muestra.

*Contenido de sodio expresado en mg/kg, basado en Anunção y otros (2017).

La evaluación fue realizada por 80 personas, de las cuales el 57% eran mujeres y el 43% eran hombres, y cuyas edades estaban comprendidas entre 12 y 66 años.

Las muestras fueron servidas a cada consumidor en bolsas individuales y selladas de 1 g de producto (numeradas con un número aleatorio de tres dígitos) junto con un recipiente con 10 g de yogur integral natural Conaprole.

Para evaluar la aceptabilidad de los cereales extruidos se utilizó en la boleta de evaluación una escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde el 1 representa el “me disgusta muchísimo” y el 9 “me gusta muchísimo”. El dulzor se evaluó mediante escalas de adecuación JAR (Just About Right). Además, cada boleta incluía 16 descriptores relacionados con las características sensoriales de los extruidos para ser marcados por los consumidores bajo la consigna de check-all-that-applies (CATA). Los atributos incluidos fueron los siguientes: rico, sabor extraño, tostado, crocante, duro, saludable, amargo, feo, blando, ácido, insípido, saciante, natural, retrogusto, quemado y fibroso.

Análisis estadístico

Todos los resultados fueron expresados como la media \pm la desviación estándar. Para analizar los resultados de las evaluaciones sensoriales se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de comparar la aceptabilidad de las muestras, y se utilizó la prueba de Tukey para hallar diferencias significativas entre las medias ($p = 0,05$). Para cada muestra fueron calculadas las frecuencias de “poco dulce”, “muy dulce” y “lo justo” en la pregunta JAR de dulzor. Respecto a los términos de la pregunta CATA, se determinó la frecuencia de mención de cada uno de ellos. Los análisis fueron realizados utilizando el programa InfoStat Versión 2014 (Di Rienzo, et al., 2014).

La frecuencia de mención de cada uno de los términos de la pregunta CATA fue determinada y se utilizó la prueba Q de Cochran para determinar diferencias significativas entre las muestras para cada término. Por otro lado, se utilizó el Análisis de Componentes Principales (PCA) para relacionar la aceptabilidad de las muestras con los términos de la pregunta CATA. Los análisis fueron realizados utilizando el programa XLSTAT (Addinsoft, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición proximal

Los resultados obtenidos para la composición fisicoquímica del polvo de grano se observan en la Tabla 3. La muestra presentó un bajo contenido de humedad (5,75%), lo que le confiere ventajas en cuanto a su almacenamiento y vida útil. En este aspecto, el polvo de grano podría utilizarse como materia prima sin ningún tipo de tratamiento previo (como secado, o acondicionamiento en congelación o refrigeración).

El contenido de proteínas en el polvo de grano resultó del orden del valor reportado por El-Hadary y otros (2018) para la malta de cebada (11,9%) y por Gutiérrez-Coronado y otros (2009) para el grano de maíz (entre 10,66% y 13,34%).

Se observó un contenido de carbohidratos similar al reportado por El-Hadary y otros (2018) para la malta de cebada (49,97%), pero menor al reportado por Gutiérrez-Coronado y otros (2009) para el grano de maíz (entre 76,82% y 83,52%). Respecto al contenido de lípidos, fue menor al reportado por El-Hadary y otros (2018) para la malta de cebada (3,1%) y al reportado por Gutiérrez-Coronado y otros (2009) para el grano de maíz (entre 3,58% y 6,49%).

El valor del contenido de fibra para el polvo de grano fue superior al reportado por El-Hadary y otros (2018) para la malta de cebada (23,7%) pero inferior al reportado por Arcia y otros (2018) (48,2%) para el bagazo de cervecería. El contenido de fibra del polvo de grano

también resultó significativamente mayor al contenido de fibra del grano de maíz, reportado con un porcentaje entre 7,1% y 13,1% (Méndez-Montealvo, et al., 2005).

Este resultado muestra el potencial que tendría el polvo de grano como un ingrediente fuente de fibra, y así surge el interés por evaluar su uso para formular alimentos para consumo humano que podrían contener el claim “alto en fibra” o “fuente de fibra” en su etiquetado, según el reglamento MERCOSUR Resolución N°01/12 (MERCOSUR, 2012).

TABLA 3. Composición fisicoquímica del polvo de grano (en base seca).

Componente	Cantidad en polvo de grano (%)
Proteínas	13,55 ± 0,04
Lípidos	1,39 ± 0,10
Fibra	32,85 ± 1,34
Cenizas	5,01 ± 0,00
Carbohidratos	47,19*

*Contenido de carbohidratos determinado por diferencia.

Desarrollo de productos

La Figura 1 muestra imágenes de los cuatro cereales extruidos que se obtuvieron a partir de las cuatro formulaciones desarrolladas.

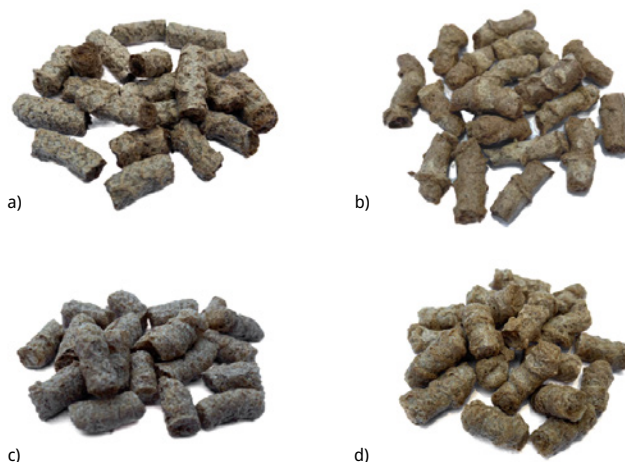


FIGURA 1. Fotografía de los productos evaluados: a) 60% polvo de grano, 40% harina de arroz con 17% de humedad (AF 17); b) 60% polvo de grano, 40% harina de arroz sin ajustar la humedad (AF 8); c) 30% polvo de grano, 70% harina de arroz con 17% de humedad (FF 17); d) 30% polvo de grano, 70% harina de arroz sin ajustar la humedad (FF 10).

En la Tabla 4 se compara la densidad, el color, la textura y la capacidad de retención de agua entre los snacks extruidos con distinta composición.

TABLA 4. Propiedades físicas de los snacks extruidos.

Propiedades físicas		AF 17	AF 8	FF 17	FF 10
Densidad (kg.m ³)		0,46 ± 0,13 ^c	0,32 ± 0,12 ^b	0,19 ± 0,034 ^a	0,18 ± 0,03 ^a
Color	L*	53,51 ± 1,75 ^b	48,68 ± 1,13 ^a	58,51 ± 1,29 ^c	58,35 ± 1,72 ^c
	h*	70,77 ± 1,05 ^{bc}	67,87 ± 0,53 ^a	71,92 ± 0,07 ^c	71,77 ± 0,79 ^b
	C*	24,00 ± 0,31 ^a	26,41 ± 0,47 ^c	25,49 ± 1,11 ^b	24,88 ± 0,69 ^{ab}
Dureza instrumental (kg.sec)		35,22 ± 2,87 ^c	10,16 ± 0,79 ^{ab}	12,39 ± 0,97 ^b	8,89 ± 0,35 ^a
Capacidad de retención de agua (g agua retenida/g muestra seca)		5,30 ± 0,10 ^b	5,40 ± 0,17 ^b	4,86 ± 0,31 ^b	4,08 ± 0,02 ^a

Para cada fila, superíndices diferentes en los valores promedio implican que hay diferencia significativa entre las muestras para un nivel de confianza del 95%.

La densidad de los productos AF 17 y AF 8 fue significativamente ($p < 0,05$) mayor que la de los productos FF 17 y FF 10. Este resultado puede atribuirse a su elevado contenido de fibra alimentaria, lo que provoca una expansión limitada y una alta densidad de los snacks (Ferreira, et al., 2014). Concuere también con lo estudiado por Chassagne-Berces y otros (2011), donde la adición de fibras disminuyó la expansión de los cereales extruidos (elaborados a base de almidón de trigo y trigo integral con la adición de salvado de avena y salvado de trigo).

El color es un atributo importante de los productos alimenticios y hay varias reacciones que ocurren durante la extrusión que pueden afectar esta característica; entre ellas, las más comunes son las reacciones de pardeamiento no enzimáticas (reacción de Maillard y caramelización) y la degradación de los pigmentos. Las condiciones de procesamiento utilizadas en la extrusión (alta temperatura y baja humedad) favorecen la reacción entre azúcares reductores y aminoácidos, lo que da como resultado la formación de compuestos coloreados y la reducción del aminoácido lisina. Si el dorado es demasiado intenso, pueden aparecer colores y sabores indeseables (Ferreira, et al., 2011). Los productos con mayor luminosidad (L*) fueron FF 17 y FF 10, y se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) con los otros dos productos. Esto se corresponde con el contenido de harina de arroz en su composición; a mayor contenido de la misma se da un aumento de la luminosidad. También se observa que en el caso de los productos extruidos “alto en fibra” el valor de L* se incrementó al aumentar la humedad de la premezcla. Esto coincide con lo observado por Ferreira y otros (2021) para extruidos a base de maíz con el agregado de salvado de trigo.

Respecto a la tonalidad (h*), el producto AF 8 fue el que presentó valores significativamente ($p < 0,05$) menores que el resto. Sin embargo, el valor de h* de los cuatro extruidos se encontró dentro del rango de 70° y 100°, lo que indica un color amarillo, que es deseable para cereales de desayuno de acuerdo con lo estudiado por Ferreira y otros (2021).

Mientras que en cuanto al croma (C^*) el producto AF 8 es el que obtuvo valores significativamente ($p < 0,05$) mayores que el resto.

En relación con la dureza de los snacks, de acuerdo con los datos obtenidos, los productos con menor contenido de humedad fueron los que necesitaron menor energía para romperse, resultado que concuerda con lo reportado por Zheng y otros (2020). También se observa que la mayor dureza la obtuvo el producto AF 17, el cual posee el mayor contenido de fibra. Los autores Yanniotis y otros (2007) observaron un comportamiento similar: el contenido de fibra aumentó la dureza y disminuyó la porosidad del producto extruido. Cuanto menos porosa es la matriz que producen las fibras, más gruesas son las paredes celulares y más duro es el producto.

La capacidad de retención de agua e hinchazón proporciona una visión general de la hidratación de la fibra, en particular el volumen de sus poros del sustrato. Ayuda a comprender el comportamiento de la fibra en los alimentos ya que el proceso de cocción por extrusión modifica las propiedades físicas de la matriz de la fibra y también afecta las propiedades de hidratación (Dhingra, et al., 2012). En los resultados obtenidos se observa que el valor más alto de retención de agua fue el correspondiente al producto AF 8, producto "alto en fibra" sin ajuste de humedad. Esto concuerda con lo reportado por Zheng y otros (2020), donde el aumento del contenido de humedad en productos extruidos resulta en una disminución de la capacidad de retención de agua.

Selección del producto

Los cuatro productos desarrollados fueron evaluados sensorialmente por un grupo reducido de consumidores. Los resultados para la aceptabilidad de los snacks extruidos a partir de las premezclas se muestran en la Tabla 5.

Entre los productos AF 17 y AF 8, ambos "alto en fibra" con sustitución parcial de 40% del polvo de grano por harina de arroz, no se encontraron diferencias significativas ($p = 0,05\%$). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre FF 17 y FF 10, que son productos "fuente de fibra" con sustitución parcial de 70% del polvo de grano por harina de arroz ($p = 0,05\%$). En cambio, sí se encontraron diferencias significativas entre ambos pares ($p = 0,05\%$).

De acuerdo con lo expresado por Muñoz y otros (1992), quienes consideran un puntaje de 6.0 en una escala hedónica de 9 puntos como un límite comercial o de calidad, solo la formulación FF 10 alcanzó el valor aceptable en la escala seleccionada. Oliveira y otros (2018) obtuvieron puntajes similares -entre 5,03 y 5,74- para cereales extruidos a base de maíz enriquecidos con harina de trigo integral y/o polvo de cáscara de jabuticaba. Para los cereales extruidos de sorgo (elaborados con harina de sorgo integral, harina de maíz amarillo, sacarosa y cloruro de sodio), estudiados por Mkandawire y otros (2015), se obtuvieron puntajes de aceptabilidad general entre 5,8 y 6,5.

Se decide continuar con el producto "fuente de fibra" y 10% de humedad (FF 10) para realizar la evaluación sensorial y comparación con productos del mercado.

TABLA 5. Aceptabilidad de los snacks extruidos.

Producto	Formulación	Humedad (%)	Composición	Aceptabilidad
AF 17	Alto en fibra	17	60% polvo de grano, 40% harina de arroz	2,73 ± 1,63 ^a
AF 8	Alto en fibra	8	60% polvo de grano, 40% harina de arroz	3,10 ± 1,96 ^a
FF 17	Fuente de fibra	17	30% polvo de grano, 70% harina de arroz	5,23 ± 2,21 ^b
FF 10	Fuente de fibra	10	30% polvo de grano, 70% harina de arroz	6,10 ± 1,86 ^b

Superíndices diferentes en los valores promedio implican que hay diferencia significativa entre las muestras para un nivel de confianza del 95%.

Evaluación de la aceptabilidad del snack desarrollado: comparación con productos del mercado

El cereal experimental seleccionado fue comparado en evaluación sensorial con dos productos del mercado: cereal 1 y cereal 2. La Figura 2 muestra una fotografía de los productos involucrados. A simple vista, se puede observar que el cereal 1 tiene forma de copo, mientras que el cereal 2 y el cereal experimental tienen forma similar a un palito.



FIGURA 2. Fotografía de los productos comparados: a) Cereal 1; b) Cereal 2; c) Cereal experimental.

Los resultados de aceptabilidad obtenidos para cada muestra pueden observarse en la Tabla 6. No se encontraron diferencias significativas entre el cereal 1 y 2, ni entre el cereal 2 y el experimental. Pero sí se encontraron diferencias significativas entre el cereal 1 y el cereal experimental ($p = 0,05\%$).

La aceptabilidad del cereal experimental no alcanzó el límite comercial establecido por Muñoz y otros (1992), y fue menor que la obtenida en la evaluación realizada en los ensayos preliminares. Esto puede atribuirse a que en esta oportunidad fue evaluado con cereales que contienen azúcar en su formulación, lo cual está relacionado con una mayor aceptabilidad (Kistler, et al., 2021). Sin embargo, el cereal experimental no presentó diferencias significativas con uno de los cereales comerciales, lo que permite considerar que existe una oportunidad en el mercado para este producto.

A su vez, los valores fueron obtenidos a partir de evaluaciones en ciego, lo que podría afectar la aceptabilidad ya que los consumidores no tienen en cuenta el valor agregado que

brinda la información nutricional del producto. Estudios han demostrado que la evaluación de los consumidores sobre el gusto por la comida está influenciada, por ejemplo, por su empaque y sus etiquetas (claims, marcas, etcétera) (Pennanen, et al., 2020). Según de Alcantara y otros (2020), la inclusión de claims en el frente del paquete que contienen información sobre el contenido de azúcar incita a los consumidores a seleccionar el producto con menor contenido de azúcar, lo cual presentaría una ventaja para el cereal experimental.

TABLA 6. Aceptabilidad del cereal experimental y los cereales comerciales.

Producto	Formulación	Aceptabilidad
Cereal 1	Fuente de fibra	6,44 ± 1,78 ^b
Cereal 2	Alto en fibra	5,78 ± 1,71 ^{ab}
Cereal experimental	Fuente de fibra	5,16 ± 2,44 ^a

Superíndices diferentes en los valores promedio implican que hay diferencia significativa entre las muestras para un nivel de confianza del 95%.

Las frecuencias calculadas para cada sección en la pregunta JAR se muestran en la Figura 3. El dulzor del cereal experimental fue mayoritariamente calificado como “poco dulce”, mientras que en el cereal 1 predominaron las calificaciones “muy dulce” y “lo justo”, y el cereal 2 fue igualmente calificado como “poco dulce” y “lo justo”. Estos resultados concuerdan con el contenido de azúcar de cada formulación, considerando que el cereal experimental no contiene azúcar sino edulcorante. Por lo que se podría considerar ajustar el contenido de edulcorante para próximas evaluaciones del producto experimental.

Por otro lado, al ser comparado con productos que sí contienen azúcar en sus formulaciones, se esperaba que el snack experimental fuera percibido como menos dulce respecto a cuando fue evaluado con otros productos sin azúcar en sus formulaciones, instancia en la cual su dulzor fue calificado como “lo justo”.

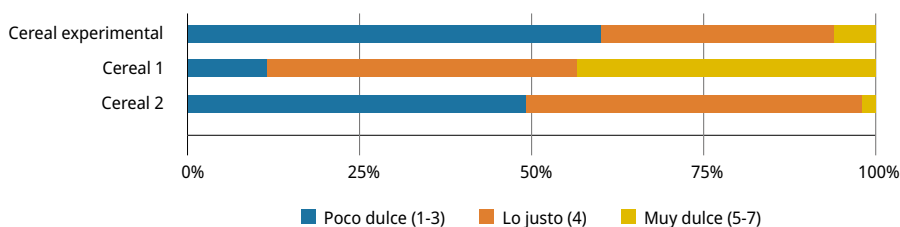


FIGURA 3. Frecuencia acumulada para cada franja en la pregunta JAR.

El porcentaje de la frecuencia de uso de los términos que los consumidores hallaron adecuados para describir cada formulación se muestra en la Tabla 7. De los 16 términos incluidos en la pregunta, 9 mostraron diferencias significativas entre las muestras, particularmente para los atributos rico, sabor extraño, tostado, crocante, amargo, feo, retrogusto y quemado entre el cereal 1 y el cereal experimental. Este resultado indica que los consumidores encontraron diferencias en las características sensoriales principalmente entre dos de los productos evaluados.

Por otra parte, el Análisis de Componentes Principales (PCA) permitió identificar que las muestras evaluadas pueden dividirse en tres grupos distintos (Figura 4). Uno de los grupos compuesto por el cereal 1, representado por los atributos rico y saciante, el segundo grupo compuesto por el cereal 2, representado por los atributos insípido y blando, y el último grupo compuesto por el cereal experimental, representado por los atributos amargo, tostado y quemado.

La temperatura de extrusión pudo ser el factor por el cual el cereal experimental fuera descrito con los términos tostado y quemado, características que provocaron que los consumidores rechazaran el producto al compararlo con los cereales comerciales. Por lo que se debe considerar bajar la temperatura de extrusión en futuras pruebas.

El agregado de edulcorante en la formulación del cereal experimental pudo influir en la elección del término amargo por los consumidores. Estudios han demostrado que, aunque los edulcorantes son útiles para reducir el contenido de azúcar, carbohidratos y calorías, pueden contener sabores desagradables como amargos o metálicos (Parker, et al., 2018). A su vez, la estructura de los alimentos -específicamente la textura- tiene un efecto significativo en el disfrute del consumidor, y la sustitución del azúcar puede resultar difícil ya que la sacarosa es un ingrediente clave para proporcionar textura (Keefer, et al., 2020).

TABLA 7. Frecuencia de uso (%) de los términos sensoriales incluidos en la pregunta CATA para las premezclas desarrolladas.

Descriptor	Cereal experimental	Cereal 1	Cereal 2
Rico	26 ^a	56 ^b	34 ^a
Sabor extraño	33 ^b	10 ^a	21 ^{ab}
Tostado	49 ^b	19 ^a	21 ^a
Crocante	54 ^a	75 ^b	73 ^b
Duro	1 ^a	0 ^a	1 ^a
Saludable	41 ^a	43 ^a	50 ^a
Amargo	30 ^b	0 ^a	4 ^a
Feo	15 ^b	3 ^a	8 ^{ab}
Blando	8 ^a	8 ^a	10 ^a
Ácido	5 ^a	3 ^a	4 ^a
Insípido	9 ^a	10 ^a	29 ^b
Saciantes	5 ^a	10 ^a	6 ^a
Natural	35 ^a	34 ^a	45 ^a
Retrogusto	30 ^b	14 ^a	19 ^{ab}
Quemado	30 ^b	0 ^a	1 ^a
Fibroso	19 ^a	24 ^a	29 ^a

Para cada fila (atributo), superíndices diferentes implican que hay diferencia significativa entre las muestras para un nivel de confianza del 95%.

Otro aspecto para tener en cuenta es la crocancia: al comparar el cereal experimental con los productos del mercado se percibe como menos crocante. Según Chassagne-Berces y otros (2011), esto puede deberse a que el agregado de fibra en el proceso de extrusión aumenta la dureza y disminuye la crocancia del producto.

De acuerdo con los resultados del ANOVA (Tabla 5), el cereal 1 fue el que obtuvo el mayor puntaje de aceptabilidad general, por lo que los términos rico y saciante pueden ser considerados como atributos que tienen un impacto positivo en la aceptabilidad, mientras que sabor extraño y ácido tienen un impacto negativo en cereales.

Todos los cereales fueron caracterizados por los términos natural y saludable, lo que concuerda con lo reportado por Bimbo y otros (2017), quienes explican que los consumidores muestran una percepción positiva sobre la salud en alimentos con ingredientes seleccionados como la fibra.

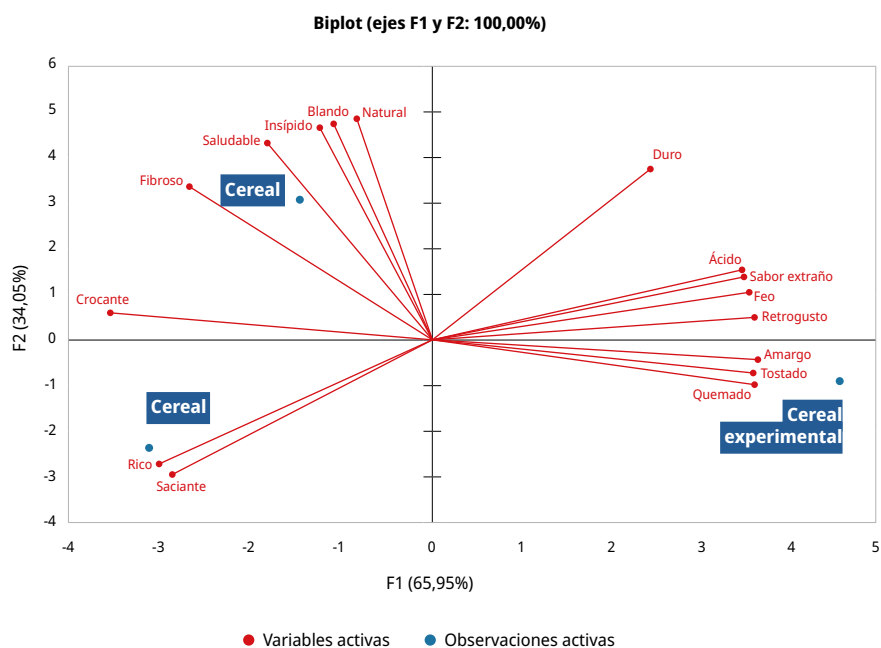


FIGURA 4. Análisis de Componentes Principales (PCA) de la matriz formada por muestras como filas y términos de la pregunta CATA como columnas.

Desde el punto de vista nutricional, el producto desarrollado posee un contenido de fibra y carbohidratos similar a uno de los que existen actualmente en el mercado, y posee un menor contenido de grasas que ambos productos comerciales. Sin embargo, tiene una menor aceptabilidad general al ser comparado en ciego. Se deberían llevar a cabo estudios posteriores con información nutricional para evaluar si existe un mercado potencial que priorice los beneficios del producto para la salud frente a su aceptabilidad. Por ejemplo, se podría evaluar el efecto de la información en cuanto al uso de un ingrediente que es sub-producto de un proceso industrial, fuente de fibra y sin agregado de azúcar.

CONCLUSIONES

En cuanto a su valor nutricional, el polvo de grano presenta un alto contenido de fibra, lo que lo hace interesante para considerar su utilización como ingrediente para el desarrollo de alimentos funcionales que puedan ser denominados como “fuente de fibra” o “alto en fibra”.

Se lograron obtener cuatro distintos snacks extruidos a partir del polvo de grano con sustitución parcial por harina de arroz, pudiendo ser catalogados como alimentos funcionales por su contenido de fibra. Dos de ellos podrían contener el claim “fuente de fibra”, mientras que los otros dos “alto en fibra” en su etiquetado.

El producto “fuente de fibra”, a 10% de humedad de mezcla, fue el que se eligió para su comparación con productos del mercado. Aunque la aceptabilidad del producto desarrollado no alcanzó el límite comercial establecido, cabe destacar que no presentó diferencias significativas con uno de los productos comerciales, lo que deja en evidencia que existe una oportunidad para este producto en el mercado. Cabe mencionar que las evaluaciones sensoriales fueron realizadas sin proveer información nutricional a los consumidores, lo que podría provocar un impacto positivo en la aceptabilidad o el interés de compra, ya que el producto desarrollado es fuente de fibra y sin azúcar agregado, a diferencia del resto de productos comerciales que contienen azúcar.

El rechazo del cereal experimental podría deberse a las características negativas que provocó la alta temperatura del extrusor y la humedad de la premezcla, como la percepción a quemado. El contenido de fibra combinado con el proceso de extrusión provoca una textura más dura y menos crocante; y los sabores no agradables percibidos por los consumidores debido al contenido de edulcorante.

Por último, el aprovechamiento de subproductos de la industria cervecera es importante no solo para revalorizar un material que actualmente es removido del proceso, sino también para elaborar alimentos que ayuden a prevenir enfermedades no transmisibles asociadas a una mala alimentación.

AGRADECIMIENTOS

A FNC (Planta de Minas, Uruguay) por proporcionarnos el polvo de grano extraído del proceso industrial de elaboración de cerveza, material con el cual hicimos todas las pruebas y los desarrollos.

REFERENCIAS

- Addinsoft, 2020. *XLSTAT Statistical and data analysis solution* [En línea]. Versión 2020.3.1. New York: Addinsoft. <https://www.xlstat.com/es/>
- Anunciação, P.C., Cardoso, L.M., Gomes, J.V.P., Della Lucia, C.M., Carvalho, C.W.P., Galdeano, M.C., Queiroz, V.A.V., Alfenas, R.C.G., Martino, H.S.D., Pinheiro-Sant’Ana, H.M., 2017. Comparing sorghum and wheat whole grain breakfast cereals: sensorial acceptance and bioactive compound content. En: *Food Chem.*, 221, 984-989.
DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.11.065.
- AOAC International, 2012a. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 19a ed. Gaithersburg: AOAC. Official Method 984.13, first action 1984-final action 1994.

- AOAC International, 2012b. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 19a ed. Gaithersburg: AOAC. Official Method 985.29, first action 1985-final action 1986.
- Arcia, P., Curutchet, A., Cozzano, S. y Rodríguez, S., 2018. Bagazo de cervecería como ingrediente en el desarrollo de panificados. Impacto del rotulado en la intención de compra y aceptabilidad. En: *INNOTEC*, 16, pp. 40-46. DOI: 10.26461/16.02
- Arora, B., Yoon, A., Sriram, M., Singha, P. y Rizvi, S.S.H., 2020. Reactive extrusion: a review of the physicochemical changes in food systems. En: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102429>
- Bimbo, F., Bonanno, A., Nocella, G., Viscecchia, R., Nardone, G., De Devitiis, B. y Carlucci, D., 2017. Consumers' acceptance and preferences for nutrition-modified and functional dairy products: A systematic review. En: *Appetite*, 113, pp. 141-154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.02.031>
- Chassagne-Berces, S., Leitner, M., Melado, A., Barreiro, P., Correa, E.C., Blank, I., Gumy, J.C. y Chanvrier, H., 2011. Effect of fibers and whole grain content on quality attributes of extruded cereals. En: *Procedia Food Science*, 1, pp. 17-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.004>
- Chau, C., Chen, C. y Lin, C., 2004. Insoluble fiber-rich fractions derived from Averrhoa carambola: hypoglycemic effects determined by in vitro methods. En: *Food Science and Technology*, 37(3), pp. 331-335. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.10.001>
- de Alcantara, M., Ares, G., Paes Leme de Castro, I. y Deliza, R., 2020. Gain vs. loss-framing for reducing sugar consumption: Insights from a choice experiment with six product categories. En: *Food Research International*, 136, 109458. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109458>
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H. y Patil, R., 2012. Dietary fibre in foods: a review. En: *J Food Sci Technol*, 49(3), pp. 255-266. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5>
- Di Rienzo, J.A., Balzarini, Mónica, González, Laura, Casanoves, Fernando, Tablada, Margot y Robledo, Carlos, 2014. *InfoStat versión 2014* [En línea]. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Dzyuba, N., Bunyak, E., Sots, S. y Bilenka, I., 2019. Development of the formulation for extruded products based sugar corn grain and determining their quality indicators. En: *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3, pp. 60-69. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.170461
- El-Hadary, M., El-Arby, G., Abdel-Hady, M. y Abo-Elmaaty, S., 2018. Utilization of barley malt as a partial replacement of wheat flour in biscuits industries. En: *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 45, pp. 239-249. DOI: 10.21608/zjar.2018.49839
- Ferreira, R., Chang, Y. y Steel, C. 2011. Influence of wheat bran addition and of thermoplastic extrusion process parameters on physical properties of corn-based expanded extruded snacks. En: *Alimentos e Nutrição*, 22, pp. 507-520.
- Ferreira, F., Palmiro, D. y Wanderlei, C., 2014. Propiedades reológicas y de adsorción de agua de harina extruida de arroz y bagazo de cebada. En: *Revista Ceres*, 61(3), pp. 313-322. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000300003>
- Ferreira, S., Capriles, V. y Conti-Silva, A., 2021. Breakfast cereals with inulin obtained through thermoplastic extrusion: Chemical characteristics and physical and technological properties. En: *LWT*, 137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110390>

- Ferreira, I., Pinho, O., Vieira, E. y Tavela, J.G., 2010. Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications. En: *Trends in Food Science & Technology*, 21, pp. 77-84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.10.008>
- Gutiérrez-Coronado, M.L., Coronado-Amaya, E., Vázquez-Ortiz, F.A., López-Franco, Y.L. y Ortega-Corona, A., 2009. Caracterización física y química de maíz de calidad proteínica mejorada. En: *CyTA - Journal of Food*, 7(2), pp. 111-118.
DOI: <https://doi.org/10.1080/19476330902940416>
- Höglund, E., Eliasson, L., Oliveira, G., Almlí, Valé.L., Sozer, N. y Alminger, M., 2018. Effect of drying and extrusion processing on physical and nutritional characteristics of bilberry press cake extrudates. En: *Journal of the Institute of Brewing*, 92, pp. 422-428.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.042>
- Hossein, M. y Haghighi, S., 2018. Integrated extrusion-enzymatic treatment of corn bran for production of functional cake. En: *Food Science and Nutrition*, 6(2), pp. 1870-1878.
DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.738>
- Huang, Y. y Ma, Y., 2016. The effect of extrusion processing on the physiochemical properties of extruded orange pomace. En: *Food Chemistry*, 192, pp. 363-369.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.039>
- International Organization for Standardization, 1999. ISO 6492: *Animal feeding stuffs – Determination of fat content*. Ginebra: ISO.
- International Organization for Standardization, 2002. ISO 5984: *Animal feeding stuffs – Determination of crude ash*. Ginebra: ISO.
- Keefer, H.R.M., Nishku, S., Gerard, P.D. y Drake, M.A., 2020. Role of sweeteners on temporality and bar hardening of protein bars. En: *Journal of Dairy Science*, 103, pp. 6032-6053. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17995>
- Kistler, T., Pridal, A., Bourcet, C. y Denkel, C., 2021. Modulation of sweetness perception in confectionary applications. En: *Food Quality and Preference*, 88, 104087.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104087>
- Kręcis, M. y Wójtowicz, A., 2017. Evaluation of selected properties of gluten-free instant gruels processed under various extrusion-cooking conditions. En: *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 16(2), pp. 135-147.
DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2017.0459>
- Lattimer, J.M. y Haub, M.D., 2010. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. En: *Nutrients*, 2, pp. 1266-1289. DOI: [10.3390/nu2121266](https://doi.org/10.3390/nu2121266)
- Lynch, K.M., Steffen, E.J. y Arendt, E.K., 2016. Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. En: *Journal of the Institute of Brewing*, 122(4), pp. 553-568.
DOI: [10.1002/jib.363](https://doi.org/10.1002/jib.363)
- Manolikaki, I. y Diamadopoulos, E., 2020. Agronomic potential of biochar prepared from brewery byproducts. En: *Journal of Environmental Management*, 255.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109856>
- Mazotto, A.M., Ramírez, J.L., de Oliveira, R.L., Triches, M.C., Couri, S. y Vermelho, A.B., 2017. Production of feather protein hydrolyzed by *B. subtilis* AMR and its application in a blend with cornmeal by extrusion. En: *LWT - Food Science and Technology*, 84, pp. 701-709. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.077>

- Méndez-Montealvo, G., Solorza-Feria, J., Valle, M., Montiel, N., Paredes-López, O y Bello-Pérez, L., 2005. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. En: *Agrociencia*, 39, pp. 267-274.
- Mensa-Wilmot, Y., Dixon, P.R. y Sefa-Dedeh, S., 2001. Acceptability of extrusion cooked cereal/legume weaning food supplements to Ghanaian mothers. En: *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52, pp. 83-90. DOI: [10.1080/09637480020027000](https://doi.org/10.1080/09637480020027000)
- MERCOSUR, 2012. *Reglamento Técnico MERCOSUR sobre Información Nutricional Complementaria (Declaraciones de Propiedades Nutricionales)*. MERCOSUR/GMC/RES. N°01/12 [En línea]. Buenos Aires: MERCOSUR [Consulta: 22 de agosto de 2019]. Disponible en: http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/pry33a1_t.pdf
- Mkandawire, N., Weier, S., Weller, C., Jackson, D. y Rose, D., 2015. Composition, in vitro digestibility, and sensory evaluation of extruded whole grain sorghum breakfast cereals. En: *LWT - Food Science and Technology*, 62, pp. 662-667. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.051>
- Muñoz, A.M., Cville, G.V. y Carr, B.T., 1992. *Sensory Evaluation in Quality Control*. Nueva York: Springer.
- Mussatto, S.I., Dragone, G. y Roberto, I.C., 2006. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. En: *Journal of Cereal Science*, 43, pp. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>
- Oliveira, L., Alencar, N. y Steel, C., 2018. Improvement of sensorial and technological characteristics of extruded breakfast cereals enriched with whole grain wheat flour and jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) peel. En: *LWT*, 90, pp. 207-214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.017>
- Organización Mundial de la Salud, 2016. *Informe mundial sobre la diabetes* [En línea]. Ginebra: OMS. [Consulta: de junio, 2022]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254649/9789243565255-spa.pdf;jsessionid=2E11B18CBCE287AC4812F3D1B3470A71?sequence=1>
- Parker, M.N., Lopetcharat, K. y Drake, M.A., 2018. Consumer acceptance of natural sweeteners in protein beverages. En: *Journal of Dairy Science*, 101, pp. 8875-8889. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14707>
- Peksa, A., Kita, A., Carbonell-Barrachina, A.A., Miedzianka, J., Kolniak-Ostek, J., Tajner-Czopek, A., Rytel, E., Siwek, A., Miarka, D. y Drozd, W., 2016. Sensory attributes and physicochemical features of corn snacks as affected by different flour types and extrusion conditions. En: *LWT - Food Science and Technology*, 72, pp. 26-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.034>
- Pennanen, K., Närväinen, J., Vanhatalo, S., Raisamo, R. y Sozer, N., 2020. Effect of virtual eating environment on consumers' evaluations of healthy and unhealthy snacks. En: *Food Quality and Preference*, 82, 103871. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103871>
- Robin, F., Schuchmann, H.P. y Palzer, S., 2012. Dietary fiber in extruded cereals: Limitations and opportunities. En: *Trends in Food Science & Technology*, 28(1), pp. 23-32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.008>
- Selani, M.M., Canniatti, S.G., dos Santos Dias, C.T., Ratnayake, W.S., Flores, R.A. y Bianchini, A., 2014. Characterisation and potential application of pineapple pomace in an

- extruded product for fibre enhancement. En: *Food Chemistry*, 163, pp. 23-30.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.076>
- Uruguay. Ministerio de Salud Pública, 2016. *Guía alimentaria para la población Uruguaya* [En línea]. Montevideo: MSP. [Consulta: 2 de junio de 2022]. Disponible en: <http://www.msp.gub.uy/publicaci%C3%B3n/gu%C3%ADa-alimentaria-para-la-poblaci%C3%B3n-uruguaya>
- Yanniotis, S., Petraki, A. y Soumpasi, E., 2007. Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch. En: *Journal of Food Engineering*, 80, pp. 594-599.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.018>
- Zhang, M., Bai, X. y Zhang, Z., 2011. Extrusion process improves the functionality of soluble dietary fiber in oat bran. En: *Journal of Cereal Science*, 54(1), pp. 98-103,
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.001>.
- Zheng, H., Yan, G., Lee, Y., Alcaraz, C., Marquez, S. y González de Mejía, E., 2020. Effect of the extrusion process on allergen reduction and the texture change of soybean protein isolate-corn and soybean flour-corn mixtures. En: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, pp. 102421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102421>