

Características fisicoquímicas y sensoriales de productos extruidos y expandidos por microondas elaborados de maíz azul, espinacas y frijol negro

Neder-Suárez D^{1*}, Vázquez Rodríguez J.A², Rodríguez-Roque M.J.³, Hernández-Ochoa L.R¹, Sánchez-Madrigal M.A, Amaya-Guerra C.A⁴, Quintero-Ramos A¹

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Circuito Universitario S/N Campus Universitario 2, Chihuahua, Chihuahua 31125, México.

²Facultad de Salud Pública y Nutrición, Universidad Autónoma de Nuevo León, Dr. Eduardo Aguirre Pequeño 905, Mitras Centro, Monterrey, N.L. 64460, México

³Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Av. Universidad S/N Sede 1, Chihuahua, 31310 México.

⁴Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. 66450 México. *dneder@uach.mx.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de una botana de tercera generación (3G) elaborada a base de maíz azul, frijol negro y espinacas. Esta botana se elaboró mediante proceso de extrusión-cocción y posteriormente una expansión utilizando calentamiento por microondas. Para el experimento se utilizó una mezcla base de maíz azul, espinacas y proporciones de frijol negro (33, 22 y 11%), se utilizó una condición de procesamiento de extrusión a 122°C, 29% de humedad y una velocidad de tornillo de 111 rpm. Los extruidos obtenidos se les determinó el índice de expansión (IE), densidad aparente (DA), dureza y contenido de antocianinas totales (AT) antes y después de la expansión con microondas además de una evaluación sensorial de los tratamientos. Los resultados mostraron que IE, DA y dureza se disminuyeron con la adición de frijol negro antes y después de la expansión con microondas. A pesar del proceso de extrusión el contenido de antocianinas se conserva en un 58.9% en las tres formulaciones a base de frijol negro. El análisis sensorial no mostró diferencia significativa en aceptabilidad entre las formulaciones y una botana elaborada de maíz azul.

Palabras clave: Maíz azul, frijol negro, extrusión-cocción, calentamiento por microondas, antocianinas, botanas de tercera generación.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physicochemical and sensory characteristics of a third-generation (3G) snack made from blue corn, black beans, and spinach. 3G snack was elaborated by extrusion-cooking process and microwave expansion. A mixture of blue corn and spinach and different levels of black beans (33, 22, and 11%) were used, and processing by extrusion at 122 °C, with 29% moisture content and a screw speed of 111 rpm. The expansion index (EI), bulk density (BD), hardness, and total anthocyanin content (TAC) were determined in extruded and expanded products, in addition, a sensory evaluation was carried out. The results showed that EI, BD, and hardness decreased with the addition of black beans during the extrusion process and after microwave expansion. Despite undergoing thermal processes, anthocyanin retention was high at 58.9% in black bean-based formulations. The sensory analysis showed no significant difference in acceptability between the formulations and a snack made from blue corn.

INTRODUCCIÓN

El consumo de botanas ha experimentado un aumento ya que proporciona la sensación de que el apetito del consumidor está satisfecho de manera rápida y económica. Muchas botanas se clasifican como comida chatarra debido a su bajo contenido de nutrientes, alto contenido de conservantes y la presencia de otros ingredientes que se sabe que son dañinos para la salud del consumidor. Las botanas tradicionales se caracterizan por ser alimentos ligeros, pequeños y listos para comer. Sin embargo, existen desventajas en el consumo y producción de este tipo de botanas, como alta degradación de compuestos presentes en las materias primas, altos contenidos de grasas y sodio y bajo contenido de nutrientes. Sin embargo, algunos bocadillos están formulados con ingredientes saludables y nutritivos.

Una alternativa a las botanas tradicionales son las botanas de tercera generación (3G), conocidas así debido a que no están listas para su consumo directo ya que deben pasar por proceso de expansión o cocción antes de que puedan consumir (Delgado-Nieblas et al., 2019, Camacho et al., 2014). La ventaja que tienen las botanas 3G sobre las botanas tradicionales directamente expandidas, son menor espacio de almacenamiento y una mejor conservación de la calidad del compuesto activos (Camacho et al., 2014; Ruiz-Armenta et al., 2019). Las botanas comerciales tradicionales se producen principalmente a partir de almidones de maíz, trigo, y papa, sin ofrecer una calidad nutricional adecuada o beneficios para la salud. La incorporación de frijol como ingrediente es un área de oportunidad por su alto contenido en proteínas, fibra y carbohidratos complejos. El frijol es una leguminosa que aporta una cantidad importante de lisina y su incorporación a las mezclas con cereales ha mejorado el perfil de aminoácidos (Estrada-Girón et al., 2014; Messina, 2014) ayudando a una mejor nutrición. Algunas variedades de frijoles y maíces pigmentados, como los negros y morados, tienen una gran cantidad de fitoquímicos, entre los cuales se encuentran las antocianinas. Las antocianinas son un grupo importante de pigmentos fenólicos y el grupo más importante de pigmentos solubles en agua que son responsables de los colores naranja / rojo y violeta / azul en cereales, frutas, verduras y raíces y tubérculos. Además, han sido estudiadas y demostrado que brindan beneficios a la salud ya que puede prevenir trastornos metabólicos y mostró efectos anti proliferativos en cáncer (Herrera-Sotero et al., 2019).

La tecnología más importante en la producción de botanas 3G es el proceso de extrusión-cocción, el cual ofrece ventajas: ya que es un proceso continuo con tiempos de procesamiento cortos, alta productividad y eficiencia energética (Delgado-Nieblas et al., 2019, Camacho et al., 2014; Ruiz-Armenta et al., 2019). Estas botanas se pueden preparar para el consumo mediante diferentes procesos, como freír, aire caliente o calentar en microondas. El proceso de microondas tiene las ventajas de realizar el calentamiento y expandir los alimentos, además de ser una técnica rápida, conveniente y barata (Camacho et al., 2014, Ruiz-Armenta et al., 2019).

El uso de frijol pigmentando como el frijol negro en botanas de tercera generación a base de maíz azul, es una oportunidad para mejorar no solo las propiedades nutricionales, sino además el perfil fitoquímico de estos productos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del proceso por extrusión bajo una condición óptima en las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales de una botana de tercera generación a base de maíz azul y espinacas con diferentes proporciones de frijol negro expandidas por calentamiento por microondas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para la realización de este estudio se utilizó maíz azul (*Zea mays L.*) de la Sierra Tarahumara de Chihuahua, frijol negro bola (*Phaseolus vulgaris L.*) y acelgas adquiridas del mercado local Chihuahua, México, las cuales fueron deshidratadas a 40°C por 6 horas. Todos los materiales fueron molidos y tamizados a malla (400 μm).

Mezclas a extrudir.

Se utilizaron tres mezclas para realizar el proceso de extrusión a una condición optimizada de 122°C, 29% de humedad y una velocidad de tornillo de 111 rpm (Neder-Suarez et al., 2021). MF1: 67% (maíz azul-99% y 1% espinaca) y 33 % frijol negro, MF2: 78% (maíz azul-99% y 1% espinaca) y 22 % frijol negro y MF3: 89% (maíz azul-99% y 1% espinaca) y 11 % frijol negro. A estas mezclas se les determino el contenido de proteína de acuerdo a la metodología 920.152 (AOAC, 1998). La expansión de los extrudidos se realizó utilizando un microondas (Sharp modelo R-501CW, 1000 W) por un tiempo de 23 s.

Índice de expansión de los extrudidos

El IE se calculó de acuerdo al método de Delgado-Nieblas et al., (2019) dividiendo el diámetro del extrudido entre el diámetro del orificio del dado de salida del extrusor (2mm).

Determinación de antocianinas totales

Se utilizó la técnica de Sánchez-Madrigal et al., (2014) con modificaciones. Para ello se pesó 2.0 g de muestra y se añadió 10 mL de metanol acidificado (85:15 v/v de metanol/HCl 1N). Se agitó durante 30 min con un agitador magnético a temperatura ambiente. Posteriormente se centrifugará a 3200 g por 15 min en una centrífuga (Thermo IEC modelo Centra CL3-R). El contenido de antocianinas totales se expresó (mg cianidina 3-glucósido (C_3G)/100 g).

Textura de extruidos

La dureza de las muestras se determinó usando un texturometro TA / XT2 (Stable Micro-Systems, Surrey, Inglaterra). Las muestras se ajustaron a un tamaño de longitud de 30 mm y se colocaron horizontalmente con un aditamento de flexión de tres puntos, posteriormente se comprimieron a una velocidad de 0.05 mm/s a una distancia de 10 mm, utilizando un émbolo de 5 mm de diámetro. Se evaluaron veinte medidas de cada tratamiento.

Análisis sensorial

La evaluación sensorial de las botanas de tercera generación se realizará a 40 panelistas no entrenados mayores de 18 años (ambos sexos), a quienes les gusta consumir este tipo de productos. Una prueba de aceptabilidad general de 7 puestos fue aplicada en las muestras según la metodología descrita por Delgado-Nieblas et al. (2018).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los diferentes análisis se sometieron a un análisis de varianza. Las diferencias entre las medias se evaluarán utilizando la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para las comparaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de materia prima

La composición proximal de las materias primas utilizadas para la producción de las botas 3G se muestra en la Tabla 1. La composición próxima de maíz azul y frijol negro es consistente con valores reportados previamente (Escalante-Aburto et al., 2013; Camacho-Hernández et al., 2014). Los valores más altos de proteína se presentaron en la espinaca y el frijol negro respectivamente. El contenido de proteína de las muestras a extrudir fue de MF1:11.35%, MF2: 10.59% y MF3: 9.35%. El incremento en el contenido de proteína fue influenciado principalmente por la participación de harina de frijol negro.

Tabla 1. Análisis proximal de las materias primas.

	Humedad (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
Maíz azul	10.99 ± 0.07	5.95 ± 0.35	1.20 ± 0.16	2.02 ± 0.18	6.42 ± 0.07	73.39 ± 0.44
Frijol negro	11.02 ± 0.30	0.97 ± 0.11	4.02 ± 0.10	3.37 ± 0.16	17.72 ± 0.14	62.78 ± 0.49
Espinaca	10.45 ± 0.11	1.28 ± 0.14	21.35 ± 0.34	10.56 ± 0.38	28.12 ± 0.45	28.24 ± 0.74

Los valores son el promedio de mediciones por triplicado ± desviación estándar.

Índice de expansión

El índice de expansión es un indicador físico clave de la calidad de las botanas de tercera generación ya que este determina la aceptación por parte del consumidor. Los valores expansión de las botanas extruidas y expandidas por microondas se muestran en la Tabla 2. Los valores del IE estuvieron entre 1.20 a 1.24 durante la extrusión y de 1.94 a 2.15 después del calentamiento por microondas. Después del proceso de extrusión a condiciones óptimas, ninguno de los tratamientos presento diferencia significativa ($p < 0.05$), sin embargo, se aprecia una tendencia a incrementar el IE a menor contenido de proteína (Tabla 1).

Después de la expansión con microondas, el valor más bajo de expansión se generó en el tratamiento MF1(EM), el cual contiene menor contenido de proteína (11.35%), esto se puede deber ya que, al contener menor almidón en su formulación, el mayor contenido de fibras inertes tiende a ser rígidas y causar la ruptura de las paredes celulares y evitar que las burbujas de aire se expandan al nivel máximo (Pérez Ramos et al., 2017). El aumento de los niveles de contribuye a la unión y durabilidad del producto extruido incrementando la expansión de las botanas extruidas. este Durante el calentamiento por microondas existe formación de burbujas de aire debido un aumento de presión dentro del producto como resultado de la evaporación de agua contenida dentro de las botanas (Camacho-Hernández et al., 2004; Delgado-Nieblas et al., 2019; Ruiz -Armenta et al., 2019). Al realizar la comparación con una botana a base de maíz azul, el tratamiento MF3(EM) con el contenido de proteína menor no generó diferencia significativa ($p < 0.05$), lo que indica que la concentración de frijol afecta la expansión de las botanas.

Densidad aparente

Un parámetro importante es la densidad, la cual es medida para un control de calidad en productos extruidos Las botanas que presentan una baja densidad se caracterizan por tener estructuras bien expandida, conformadas por células grandes y paredes delgadas (Pérez Ramos et al., 2017). La densidad está inversamente relacionada con el grado de expansión y, por tanto, con el grado de gelatinización del almidón, bajos valores de IE generan altas DA (Tovar-Jiménez et al., 2015). La

densidad se vio incrementada en las formulaciones que presentaban mayor concentración de proteína en la mezcla a extrudir, la muestra MF1 genero el mayor valor de DA mientras que MF3 el menor valor (Tabla 2). Después del proceso de expansión por microondas se observó una tendencia similar a la generada durante la extrusión. El control MAZ (EM) después de la expansión por microondas mostro diferencia ($p < 0.05$) con los tratamientos con adición de frijol negro generando el menor valor de DA, esto posiblemente a que no contenido frijol en su formulación, lo cual no limito su expansión.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas y texturales de botanas de tercera generación

	IE	DA	Dureza (N)	AT
MF1	1.20 ± 0.04 ^a	1329.44 ± 41.57 ^a	8.22 ± 1.24 ^a	37.72 ± 0.12 ^a
MF2	1.22 ± 0.04 ^{ab}	1303.3 ± 62.2 ^{ab}	7.10 ± 1.29 ^b	32.85 ± 0.35 ^b
MF3	1.24 ± 0.04 ^{ab}	1282.06 ± 50.93 ^b	6.57 ± 1.23 ^{bc}	28.71 ± 0.33 ^c
MAZ	1.30 ± 0.18 ^a	1337.7 ± 51.5 ^a	6.01 ± 1.00 ^c	28.11 ± 0.23 ^c
	IE	DA	Dureza (N)	AT
MF1 (EM)	1.94 ± 0.10 ^c	392.6 ± 51.7 ^a	3.13 ± 0.74 ^a	25.41 ± 0.17 ^b
MF2 (EM)	2.09 ± 0.06 ^b	306.68 ± 28.17 ^b	2.84 ± 0.48 ^a	26.36 ± 0.25 ^a
MF3(EM)	2.15 ± 0.10 ^{ab}	293.03 ± 43.06 ^b	3.09 ± 0.53 ^a	25.02 ± 0.20 ^b
MAZ (EM)	2.22 ± 0.12 ^a	266.14 ± 39.86 ^b	1.91 ± 0.46 ^b	25.25 ± 0.15 ^b

Medias con letras distintas en la misma columna, dentro de cada grupo son significativamente diferentes ($p < 0.05$). MF1: (67% (maíz azul-99% y 1% espinaca) y 33 % frijol negro); MF2: (78% (maíz azul-99% y 1% espinaca) y 22 % frijol negro); MF3: (89% (maíz azul-99% y 1% espinaca) y 11 % frijol negro); EM: expansión con microondas; IE: índice de expansión; DA: densidad aparente (kg/m^3), AT: antocianinas totales ($\text{mg C}_3\text{G} / \text{kg}$)

Textura de botanas extruidas

La textura de productos extruidos es representando como el parámetro de dureza, el cual representa la fuerza máxima que presenta el producto extruido antes del quiebre y es una de las características más importante de calidad y de aceptabilidad por parte del consumidor. En general, la dureza está inversamente relacionada con los valores de expansión en un producto extruido. Altos valores de expansión generaran valores bajos de dureza y de densidad en los productos (Tovar-Jiménez et al., 2015; Ruiz-Armenta et al., 2018). En este estudio el contenido de proteína afecto la expansión después de proceso de extrusión y expansión en microondas. Pérez Ramos et al. (2017) reporto que el incremento en el contenido de proteína y la reducción del contenido de almidón genera mayor dureza en los productos extruidos. En este estudio se encontró resultados similares ya que tratamiento MF1 genero la mayor dureza siendo significativamente diferente ($p < 0.05$) a los tratamientos MF2 y MF3 (Tabla 1). Después del proceso de expansión ningún tratamiento presento diferencia significativa ($p < 0.05$) entre ellos. El tratamiento MAZ genero el menor valor de dureza 1.91 N ya que no se le adiciono frijol negro para su procesamiento, este comportamiento fue similar a lo encontrado por Pérez Ramos et al. (2017) y Zhoe et al. (2021).

Antocianinas totales (AT)

Las antocianinas son un grupo importante de pigmentos fenólicos que son responsables del color violeta/azul en cereales, verduras, raíces y tubérculos (Escalante-Aburto et al. 2014), además pueden proporcionar beneficios a la salud por su alta actividad biológica. El AT para maíz azul y frijoles negros fue 70.87 y 54.71 $\text{mg C}_3\text{G} / \text{kg}$ respectivamente. La mezcla genero un valor promedio de 57.87 $\text{mg C}_3\text{G} / \text{kg}$. Después del proceso de extrusión en condiciones óptimas, todos los tratamientos

disminuyeron, esto pudo atribuirse al daño causado por la fuerza de cizallamiento y el calor durante la extrusión, provocando una reducción del contenido de antocianinas ((Delgado-Nieblas et al. 2019; Menchaca-Armenta et al. 2020). El valor más alto de AT se generó en el tratamiento MF1 y significativamente diferente ($p < 0.05$) a los tratamientos MF2 y MF3 (Tabla 1). Después de la expansión por microondas una reducción es producida, generando valores de 25.02 a 26.36 mg C₃G/kg, esta reducción en TA se debió a productos de degradación durante la expansión, por aumento de la temperatura del material, rompiendo así los enlaces moleculares de compuestos bioactivos sensibles a la temperatura (Delgado-Nieblas et al. 2019; Ruiz - Armenta et al., 2019). A pesar de la reducción en el contenido de AT después de los procesos térmicos se logró una retención del 44.2% en promedio en las botanas 3G.

Análisis sensorial

El análisis sensorial se llevó mediante una prueba de aceptabilidad general de las botanas de tercera generación de las formulaciones MF1, MF2 y MF3 comparándolas con una botana a base de maíz azul como control. El análisis de varianza mostro que no se generó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las muestras con adición de frijol y la muestra MAZ (Tabla 3). Este resultado es satisfactorio ya que, a pesar de elevar el contenido de proteína, este no afecto la aceptabilidad de los consumidores. En términos de aceptabilidad general, el resultado de la evaluación sensorial mostro que aproximadamente el 59% de los panelistas indicaron un grado de aceptación arriba de una aceptación regular escala (5) en los tratamientos con adición de frijol negro.

CONCLUSIÓN

Estos resultados indican que es posible la producción de botanas 3G de calidad con niveles altos de antocianinas y adecuadas propiedades físicas elaboradas a base de maíz azul, frijoles negros y acelgas mediante proceso combinatorio de extrusión y expansión por microondas. Estas botanas con adición de frijol negro generaron propiedades físicas y químicas similares a una elaborada a partir de maíz azul. Las botanas 3G generaron una retención de antocianinas después del proceso de expansión por microondas del 44.2%, lo que podría generar posibles beneficios para la salud. El análisis sensorial mostro que la adición de frijol negro no afecta la aceptación general de los consumidores de este tipo de productos.

BIBLIOGRAFÍA

- Camacho-Hernández, I. L., Zazueta-Morales, J. J., Gallegos-Infante, J. A., Aguilar-Palazuelos, E., Rocha-Guzmán, N. E., Navarro-Cortez, R. O., & Gómez-Aldapa, C. A. (2014). Effect of extrusion conditions on physicochemical characteristics and anthocyanin content of blue corn third-generation snacks. *CyTA-Journal of Food*, 12(4), 320-330.
- Delgado-Nieblas, C. I., Zazueta-Morales, J. J., Aguilar-Palazuelos, E., Jacobo-Valenzuela, N., Aguirre-Tostado, F. S., Carrillo-López, A., & Telis-Romero, J. (2018). Physical, microstructural and sensory characteristics of extruded and microwave-expanded snacks added with dehydrated squash. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 17(3), 805-821.
- Delgado-Nieblas, C., Ruiz-Beltrán, K., Sánchez-Lizárraga, J., Zazueta-Morales, J. D. J., Aguilar-Palazuelos, E., Carrillo-López, A., & Quintero-Ramos, A. (2019). Effect of extrusion on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of breakfast cereals produced from bran and dehydrated naranjita pomace. *CyTA-Journal of Food*, 17(1), 240-250.
- Escalante-Aburto, A., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P. I., López-Cervantes, J., Figueroa-Cárdenas, J. D. D., Barrón-Hoyos, J. M., & Gutiérrez-Dorado, R. (2014). Obtaining ready-to-eat blue corn expanded snacks with anthocyanins using an extrusion process and response surface methodology. *Molecules*, 19(12), 21066-21084.

- Estrada-Girón, Y., Aguilar, J., Morales-del Rio, J. A., Valencia-Botin, A. J., Guerrero-Beltrán, J. A., Martínez-Preciado, A. H., & Fernández, V. V. A. (2014). Effect of moisture content and temperature, on the rheological, microstructural and thermal properties of masa (dough) from a hybrid corn (*Zea mays* sp.) variety. *Revista mexicana de ingeniería química*, 13(2), 429-446.
- Herrera-Sotero, M. Y., Cruz-Hernández, C. D., Oliart-Ros, R. M., Chávez-Servia, J. L., Guzmán-Gerónimo, R. I., González-Covarrubias, V., & Rodríguez-Dorantes, M. (2020). Anthocyanins of blue corn and tortilla arrest cell cycle and induce apoptosis on breast and prostate cancer cells. *Nutrition and Cancer*, 72(5), 768-777.
- Menchaca-Armenta, M., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P. I., Quintero-Ramos, A., Ledesma-Osuna, A. I., Frutos, M. J., & Morales-Rosas, I. (2020). Effect of extrusion conditions on the anthocyanin content, functionality, and pasting properties of obtained nixtamalized blue corn flour (*Zea mays* L.) and process optimization. *Journal of Food Science*, 85(7), 2143-2152.
- Messina, V. (2014). Nutritional and health benefits of dried beans. *The American journal of clinical nutrition*, 437S-442S.
- Neder-Suárez, D., Quintero-Ramos, A., Meléndez-Pizarro, C. O., de Jesús Zazueta-Morales, J., Paraguay-Delgado, F., & Ruiz-Gutiérrez, M. G. (2021). Evaluation of the physicochemical properties of third-generation snacks made from blue corn, black beans, and sweet chard produced by extrusion. *LWT*, 146, 111414.
- Pérez Ramos, K., Elías Peñafiel, C., & Delgado Soriano, V. (2017). Bocadito con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.). *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 377-388.
- Ruiz-Armenta, X. A., Zazueta-Morales, J. D. J., Delgado-Nieblas, C. I., Carrillo-López, A., Aguilar-Palazuelos, E., & Camacho-Hernández, I. L. (2019). Effect of the extrusion process and expansion by microwave heating on physicochemical, phytochemical, and antioxidant properties during the production of indirectly expanded snack foods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), e14261.
- Sánchez-Madrigal, M. Á., Quintero-Ramos, A., Martínez-Bustos, F., Meléndez-Pizarro, C. O., & Ruiz-Gutiérrez, M. G. (2014). Effect of different calcium sources on the antioxidant stability of tortilla chips from extruded and nixtamalized blue corn (*Zea mays* L.) flours. *Food Science and Technology*, 34(1), 143-149.
- Tovar-Jiménez, X., Aguilar-Palazuelos, E., Gómez-Aldapa, C. A., & Caro-Corrales, J. J. (2016). Microstructure of a third generation snack manufactured by extrusion from potato starch and orange vesicle flour. *J. Food Process. Technol*, 7, 1-6.
- Zhou, R., Mitra, P., Melnychenko, A., & Rizvi, S. S. (2021). Quality attributes and rheological properties of novel high milk protein-based extrudates made by supercritical fluid extrusion. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(8), 3866-3875.