

Proyecto: Evaluación de alternativas para el aprovechamiento de biomoléculas y materiales de interés a partir de subproductos de la industria alimentaria

Evaluación de la incorporación de bagazo cervecero en salchichas veganas.

Evaluation of the brewers' spent grain incorporation in vegan sausages

Cristian Imanol Leiva¹, Nicole Nahir Moreno¹, Lucas Vitantonio¹, Débora Natalia López^{1,2,3,4}, Micaela Galante^{1,2,3}, Pamela Soledad Forastieri^{1,2,3}, María Laura Pedrido¹, Darío Spelzini^{1,2,3}, Enrique David V. Giordano^{1,3,4}, Valeria Boeris^{1,2,3}

¹Universidad Católica Argentina (UCA). Facultad de Química e Ingeniería del Rosario.

² Universidad Nacional de Rosario (UNR). Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Área Fisicoquímica.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

⁴ Instituto de Procesos Biotecnológicos y Químicos (IPROBYQ).

Resumen:

Considerando los principios de la economía circular, que permite el bienestar social y el desarrollo económico en el marco de una relación saludable con el medio ambiente, se propuso como objetivo del trabajo la incorporación del bagazo de cebada proveniente de una cervecería artesanal local como ingrediente en salchichas veganas. Este subproducto se secó y se molió para incrementar su estabilidad y facilitar su almacenamiento. Si bien el bagazo cervecero en polvo no resultó apropiado como estabilizante de emulsiones, se logró optimizar una fórmula y proceso de elaboración de manera de obtener embutidos veganos aceptables desde el punto de vista sensorial.

Abstract:

Considering the principles of the circular economy, which allows social welfare and economic development within the framework of a healthy relationship with the environment, the aim of this work was to incorporate barley bagasse from a local craft brewery as an ingredient in sausages. This by-product was dried and ground to increase its stability and facilitate its storage. Although powdered beer bagasse was not appropriate as an emulsion stabilizer, it was possible to optimize a formula and production process in order to obtain vegan sausages acceptable from a sensorial point of view.

Introducción

Desarrollo sostenible y economía circular

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) la forma en la que se producen, consumen y distribuyen los alimentos representa una fuerte conexión entre las personas y el planeta. Es por esto que el desarrollo sostenible e inclusivo, que se basa en el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social (López y col., 2018), depende del modelo adoptado para la producción, distribución y consumo de los alimentos (Carmona González y col., 2018).

El modelo económico actual consiste en un enfoque lineal (Figura 1 A) en el que se utilizan recursos naturales como fuente de materia y energía para la producción y luego se descartan los subproductos. Este modelo extractivista ha permitido el desarrollo económico a expensas del consumo irreversible, del sub-aprovechamiento de recursos naturales y de la generación de una gran cantidad de residuos, por lo que no resulta sostenible en el tiempo. La alternativa a este enfoque es la economía circular (Figura 1 B), que se basa en los principios de reducir la cantidad de desperdicios, aumentar la eficiencia, incrementar la vida útil de los productos y aprovechar los subproductos, favoreciendo los procesos productivos cíclicos y considerando la conservación medioambiental y el desarrollo socio-económico (Morseletto, 2020).

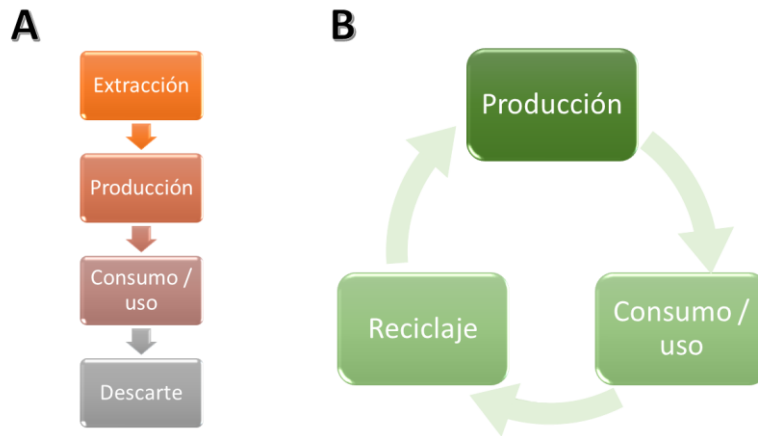


Figura 1: A) Esquema del modelo de desarrollo lineal. B) Esquema del modelo de desarrollo circular. Fuente: elaboración propia.

Proceso de producción de cerveza

Según el artículo 1080 correspondiente al Capítulo XIII del Código Alimentario Argentino, “*Se entiende exclusivamente por cerveza la bebida resultante de fermentar, mediante levadura cervecera, al mosto de cebada malteada o de extracto de malta, sometido previamente a un proceso de cocción, adicionado de lúpulo. Una parte de la cebada malteada o de extracto de malta podrá ser reemplazada por adjuntos cerveceros.*”

En la Figura 2 se muestra un diagrama de las operaciones involucradas en el proceso de elaboración de cerveza. Los ingredientes básicos a partir de los que se produce la mayoría de las cervezas son cebada malteada, agua, lúpulo y levadura.



Figura 2: Esquema de las operaciones involucradas en el proceso de elaboración de cerveza. Fuente: elaboración propia, adaptado de Back y col., 2020.

El proceso de malteado de la cebada se lleva a cabo humedeciendo los granos del cereal y generando las condiciones de temperatura para la germinación; durante esta etapa se activa la producción de enzimas digestivas. A continuación se realiza un tratamiento térmico controlado para secar la cebada malteada y favorecer las reacciones de Maillard que generan productos que otorgan color, sabor y olor. El objetivo de la molienda es reducir el tamaño de partícula del material vegetal y favorecer su hidratación durante el proceso de maceración. Durante la maceración se produce la gelatinización del almidón, que permite su hidrólisis. Posteriormente, el mosto (líquido) se separa mediante filtración del bagazo (BC), que está compuesto por los restos sólidos de granos luego de la extracción de las moléculas solubles fermentables. Durante la cocción del mosto se incorpora el lúpulo; el hervor favorece la extracción de los compuestos amargos y aromáticos del lúpulo y permite la evaporación de agua para concentrar los sólidos disueltos, la inactivación de las enzimas, la floculación de las partículas en suspensión y la eliminación de microorganismos. Se regula la temperatura y se añade la levadura para iniciar la fermentación, que produce alcohol, dióxido de carbono y otros compuestos que otorgan sabores y olores característicos. La maduración de la cerveza a bajas temperaturas mejora su calidad y favorece su clarificación ya que permite la eliminación de proteínas sensibles al frío. Finalmente se envasa en recipientes apropiados para su comercialización (Bamforth, 2009; Briggs, 2004).

Bagazo de cerveza

La separación del mosto mediante filtración da lugar al BC, que está conformado por aproximadamente un 30 % de la masa de la cebada utilizada. Éste es el principal subproducto del proceso de elaboración de la cerveza, representando alrededor del 85 % (Akermann y col., 2020). La cantidad de BC que se produce oscila cerca de los 200 g por cada litro de cerveza elaborada y asciende a 40 millones de toneladas anuales a nivel global (Petit y col., 2020). Si bien su composición presenta cierta variabilidad que depende de la materia prima y su procesamiento, se destaca por su elevado contenido de agua (entre el 70 y el 80%) (Robertson y col., 2010). En la Figura 3 se muestra una composición promedio del BC, expresada en base seca.

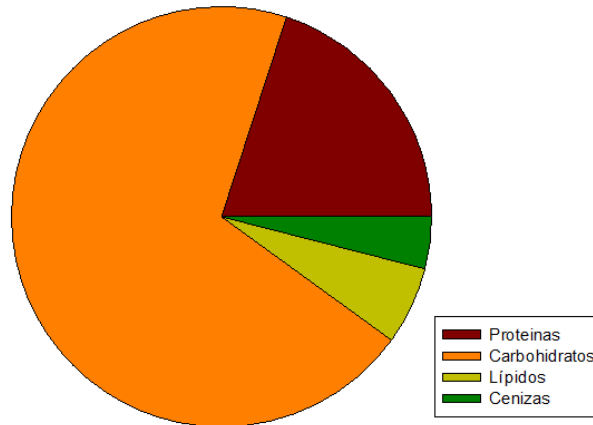


Figura 3: Composición promedio del BC en base seca. Fuente: elaboración propia en base a datos extraídos del trabajo de Ikram y col. (2017).

La disposición final del BC representa una problemática no solo para las industrias cerveceras sino para el Estado y es un desafío para la comunidad científica que se encuentra en permanente búsqueda de alternativas para su aprovechamiento (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2019; Winkelman y col., 2019). La estabilidad microbiológica de este producto es muy baja debido a su elevada humedad, que permite el crecimiento y desarrollo de microorganismos; por lo que el secado es una forma de incrementar su estabilidad y de abaratar el costo de su transporte.

Antecedentes en el aprovechamiento del bagazo cervecero

Actualmente el principal uso del BC es como alimento de ganado bovino (Pazmiño Lescano, 2021). También se ha ensayado como alimento para otro tipo de animales como pollos, cerdos y peces. En la región patagónica de nuestro país se ha analizado la utilización de BC seco y peletizado como alimento para ganado ovino y caprino (Ferrari y col., 2017). En los casos en los que no se utiliza inmediatamente, es necesario que el BC sea seco para su conservación. También incide sobre el costo del almacenamiento y del transporte la densidad aparente del material, que es una magnitud inversamente proporcional al volumen que ocupa una dada masa de producto. Los procesos como el secado, la molienda o la extrusión permiten compactar el material, con el consecuente incremento de su densidad aparente.

Otras alternativas para el aprovechamiento del BC incluyen su compostaje, su aplicación como material adsorbente para remediación, su uso en la producción de papel y en la elaboración de ladrillos. Asimismo, se ha utilizado como materia prima para extracciones y/o transformaciones químicas (Arauzo y col., 2019), enzimáticas y biológicas. En este sentido, se ha empleado como sustrato para la producción de energía, biomasa, enzimas y otras biomoléculas de interés mediante fermentación (Bianco y col., 2020).

En cuanto a la elaboración de productos destinados al consumo humano, el BC se ha incorporado principalmente en panes (Torbica y col., 2019), galletitas (Öztürk y col., 2002) y barras de cereales (Reis y col., 2014). Los beneficios nutricionales incluyen el aumento del contenido de fibra, el aporte de proteínas y de compuestos fenólicos con diferentes bioactividades. Además, se ha estudiado la percepción acerca del consumo de alimentos a base de cereales integrales y se encontró que remiten a una alimentación más saludable, en comparación con los alimentos a base de harinas refinadas, ya que se asocian con un mayor contenido de nutrientes y de mejor calidad. En el mismo estudio se indagó acerca de la aceptabilidad de productos conteniendo BC y se encontró que la mayoría de las personas consultadas estaba abierta a su consumo, aunque desde el punto de vista sensorial estos productos sólo resultarían agradables para consumidores habituados al consumo de cereales integrales (Combést y col., 2019).

Hasta el momento no se han encontrado aplicaciones del BC húmedo o seco en otro tipo de producto destinado al consumo humano, además de los mencionados anteriormente. Es por esto que resulta de interés la búsqueda de otras

opciones para su aplicación; más aún debido a la reciente iniciativa de incorporar el BC seco al Código Alimentario Argentino¹.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue contribuir al aprovechamiento del BC; en particular se propuso analizar su incorporación en la formulación de salchichas veganas.

Materiales y Métodos

Materia prima

Se trabajó con BC donado por una fábrica de cerveza artesanal local. El mismo se secó, incubando a 50°C durante 24 hs., inmediatamente después de obtenido para facilitar su conservación. El material seco se trituró usando un molino doméstico.

Determinación de la densidad aparente

En una probeta de 100 mL previamente tarada, se colocó la cantidad de BC seco necesaria para alcanzar el enrase. Se determinó la masa total y por diferencia, la masa del material. Se determinó la densidad aparente como el cociente entre la masa y el volumen ocupado. Se repitió el mismo procedimiento para determinar la densidad aparente del BC seco molido (BCSM).

Determinación de la capacidad estabilizante de emulsiones

Se prepararon emulsiones gruesas a partir de agua y aceite en una relación de volúmenes 3 a 1. La emulsificación se realizó utilizando una licuadora de mano doméstica. Se determinó la estabilidad de las emulsiones midiendo el índice de cremado a distintos tiempos de incubación. Se comparó la evolución temporal de la separación de fases para distintas proporciones de BCSM en la mezcla.

Producción de salchichas veganas

Se probaron numerosas formulaciones y procesamientos hasta optimizar la elaboración de productos de calidad suficiente. Se realizaron evaluaciones sensoriales respecto de la textura de los productos teniendo en cuenta que los mismos sean autosustentables, con una pegajosidad baja y una firmeza intermedia. La fórmula optimizada consistió en: 100 g de BCSM, 200 g de sémola de trigo, 50 g de soja texturizada, 400 mL de agua, 45 g de aceite de girasol y 5 g de sal. En la Figura 4 se muestran algunas imágenes del proceso de elaboración.



Figura 4: Imágenes del proceso de elaboración. A) BC húmedo. B) Hidratación de los ingredientes secos de la fórmula. C) Fraccionamiento de la masa. D) Preparación de las salchichas crudas. E) Cocción. F) Producto final

¹ <https://www.argentina.gob.ar/noticias/agricultura-busca-incorporar-el-bagazo-cervezero-seco-al-codigo-alimentario-argentino>

Análisis textural instrumental

Se realizaron ensayos de doble compresión. Las muestras se fraccionaron en cilindros de 2 cm de altura y se comprimieron al 20 o al 50% utilizando un texturómetro Perten. La velocidad de la sonda utilizada para la compresión fue 1 mm/s.

Resultados y Discusión

Densidad aparente

La densidad aparente (kg/L) del BC seco resultó $0,21 \pm 0,01$, significativamente superior al valor reportado por Ferrari y col. (2017), que fue 0,13 kg/L, lo que puede atribuirse a diferencias en el tamaño del grano. La densidad aparente (kg/L) del BCSM fue $0,525 \pm 0,006$, muy superior al valor previo a la molienda. Se destaca que el proceso de molienda permite que se almacene y/o transporte más del doble de masa de BC en un dado volumen. La densidad aparente del polvo producido en este trabajo resultó mayor que 0,31 kg/L, la del *pellet* obtenido por Ferrari y col. (2017) y que 0,462 kg/L, la de la fracción más fina de BCSM obtenida por Öztürk y col. (2002). Esto indicaría que el polvo obtenido en este trabajo es suficientemente fino, lo que permitiría, además de optimizar su conservación, buenas propiedades tecnológicas como aditivo alimentario.

Capacidad estabilizante de emulsiones

Se determinó la evolución en el tiempo (t) del índice de cremado (IC) de las emulsiones (Figura 5 A) y se encontró que los datos ajustaban a una función exponencial del tipo: $IC = a \cdot (1 - e^{-b \cdot t})$ donde a y b son parámetros empíricos del ajuste. En la Figura 5 B se muestran, para cada una de las proporciones de BCSM ensayados, los valores de los parámetros de ajuste a y b , interpretados como el IC (%) a tiempo infinito y el tiempo de vida de la emulsión, respectivamente.

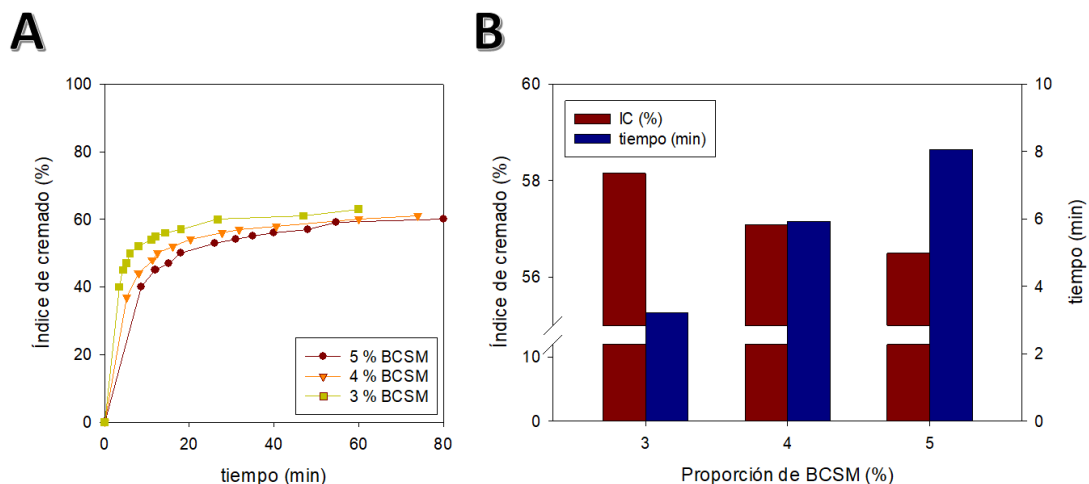


Figura 5: Capacidad estabilizante de emulsiones del BCSM. A) Evolución temporal del IC en función del tiempo. B) Parámetros de ajuste de las funciones exponenciales en función de la proporción de BCSM en la emulsión.

Las emulsiones estabilizadas con BCSM presentan tiempos de vida cortos (menores a 10 min) e IC superiores al 55 %, lo que indica que su capacidad estabilizante de emulsiones es baja. Este mismo comportamiento se observó previamente para la harina de cebada (Ahn y col., 2005) y otros materiales vegetales ricos en fibra (Guzmán, 2005). Para mejorar la capacidad estabilizante de emulsiones, Connolly y col. (2014) extrajeron e hidrolizaron las proteínas del BC.

Debido a que el BCSM no resulta un material apropiado para la estabilización de emulsiones, en la formulación de las salchichas veganas se incorporaron otros ingredientes con mayor capacidad de retención de aceite, emulsificación y estabilización de emulsiones, como la soja texturizada y la sémola de trigo.

Análisis del perfil de textura de las salchichas veganas conteniendo BCSM

Se realizaron evaluaciones sensoriales de la textura de las salchichas durante la optimización de la formulación y el procesamiento (resultados no mostrados). Con el fin de obtener resultados comparables con trabajos previos, se realizaron ensayos de simulación del proceso de masticación analizando dos porcentajes de compresión: 20 y 50 %. Los perfiles de fuerza en función del tiempo se muestran en la Figura 6.

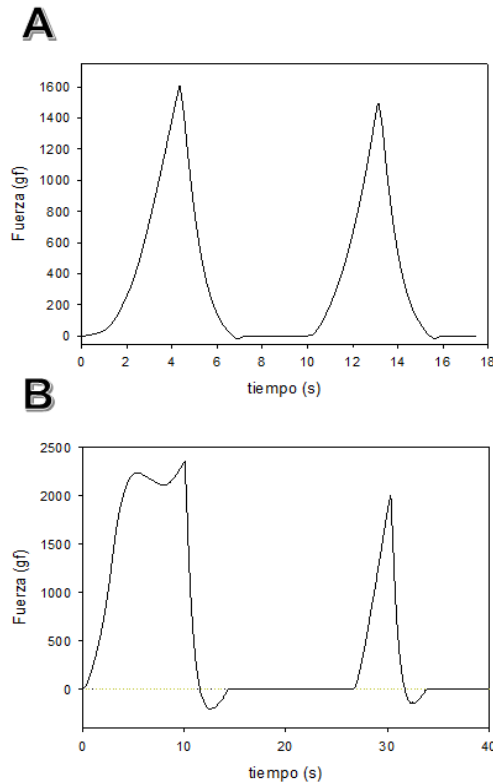


Figura 6: Perfiles de textura obtenidos por doble compresión de cilindros de muestra de 2 cm de altura. A) compresión al 20%. B) compresión al 50%.

En ensayo de doble compresión consiste en la deformación de una porción de muestra utilizando una sonda de mayor área que la de la propia muestra para evaluar su respuesta mecánica. Como se observa en la Figura 6 A, la fuerza se incrementa a medida que transcurre el tiempo, hasta alcanzar un máximo alrededor de los 4 s. En ese tiempo la sonda alcanza su máximo desplazamiento, reduciendo la altura del cilindro a un 80 % de la inicial. Una vez superado ese momento, la sonda se retira y el alimento recupera un porcentaje de su altura original.

Para una compresión del 20%, la firmeza, estimada a través de la pendiente de la zona lineal de la curva fuerza vs. distancia ($\partial \text{Fuerza} / \partial \text{distancia}$) antes de alcanzar la máxima compresión, resultó 6,6 N/mm. La dureza, definida como la fuerza registrada para la máxima compresión, fue 15,75 N. Como la mayoría de los parámetros texturales, estos parámetros dependen no sólo de la estructura del material a analizar sino también de las condiciones del ensayo: la geometría de la sonda, la geometría de la muestra, la velocidad de compresión y el porcentaje de deformación. La resiliencia resultó 0,5, es decir que durante el primer ciclo de compresión-relajación, la porción de salchicha analizada recuperó la mitad de la altura que había perdido durante la compresión (la altura original era 20 mm, se comprimió hasta los 16 mm y la muestra recuperó una altura de 18 mm mientras la sonda se retiraba). Durante la retirada de la sonda la porción de salchicha se adhirió a la misma, por lo que se registró un pico negativo que permitió obtener el valor de la adhesividad (como el área encerrada en la zona negativa), 0,0455 N.mm y la pegajosidad (como el valor absoluto de la menor fuerza registrada), 0,18 N. En relación a esto, el cociente entre la distancia durante la cual la porción de salchicha permaneció adherida a la sonda y la altura original de la muestra permitió calcular la fibrosidad del producto, que resultó 0,11. La elasticidad, que es la profundidad que la sonda comprime a la muestra durante la segunda compresión, fue de 3 mm, indicando que la muestra perdió 1 mm de altura de manera irreversible durante la primera compresión. La cohesión, que se define como la fracción de energía requerida para comprimir el producto por segunda vez, relativo a la primera, fue 0,81 y mide (entre 0 y 1) la capacidad del alimento de mantener sus interacciones intermoleculares luego de la doble compresión. La masticabilidad fue 38,3 N.mm, que indica la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que el mismo adquiere la consistencia necesaria para ser tragado.

Los parámetros texturales obtenidos a partir del ensayo descrito se muestran en la Tabla 1. En la misma tabla se muestran también los parámetros obtenidos para otros productos, previamente publicados por otros autores, con el fin de comparar los resultados obtenidos en este trabajo. Para comparar los resultados obtenidos en el ensayo de doble compresión al 20 % se seleccionaron dos trabajos en los que analizaron la textura de salchichas veganas a base de soja texturizada. En el primero (Majzoobi y col., 2017), usaron almidón de maíz como gelificante mientras que en el segundo (Dreher y col., 2021), gluten de trigo. Si bien la geometría de las muestras analizadas fue similar, en los trabajos publicados el grado de deformación fue mayor, pero sin llegar a fracturar la muestra. La cohesión de las

muestras elaboradas en este trabajo fue similar a la reportada para las salchichas a base de texturizado de soja y almidón, aunque se encontraron diferencias en los demás parámetros ya que dependen directamente del grado de deformación.

Tabla 1: Parámetros de textura obtenidos para las muestras analizadas en el presente trabajo y en trabajos previamente publicados.

Parámetro	Muestra propia	Majzooobi y col., 2017	Dreher y col., 2021	Muestra propia	Savadkoohi y col., 2014
Altura muestra (mm)	20	20	15	20	12
Diámetro (mm)	20	20	20	20	10
Área de contacto (mm ²)	314,16	314,16	314,16	314,16	78,54
Compresión (%)	20	25	30	50	50
Firmeza (N/mm)	6,6	n.i.	n.i.	6,6	n.i.
Fuerza de fractura (N)	n.c.	n.i.	n.c.	21,95	n.i.
Deformación de fractura	n.c.	n.i.	n.c.	25 %	n.i.
Dureza (N)	15,75	21,21	100	23,13	18,34
Pegajosidad (N)	0,18	n.i.	n.i.	2,03	n.i.
Adhesividad (N.mm)	0,0455	n.i.	n.i.	3,47	0,17
Resiliencia	0,5	n.i.	n.i.	0,061	n.i.
Fibrosidad	0,11	n.i.	n.i.	0,271	n.i.
Elasticidad (mm)	3	4,8	3,4	3,7	2,69
Cohesión	0,81	0,80	0,51	0,23	0,36
Masticabilidad (N.mm)	38,3	81,5	173,4	19,68	17,81

n.c.: no corresponde debido a que no se produce fractura del material.

n.i.: datos no informados en los trabajos citados.

En la Figura 6 B se muestra el perfil de textura para el ensayo de doble compresión al 50 %. En este caso la deformación inducida es mayor y produce la fractura del alimento (al 25 % de deformación), que se evidencia como un pico a los 5,5 s. Este pico, a diferencia del obtenido a los 10 s, se produce mientras la sonda continúa descendiendo y representa la fuerza máxima que soporta la porción de alimento analizada antes de perder su integridad mecánica (fuerza de fractura). La profundidad a la cual ocurre la fractura del alimento es inversamente proporcional a su rigidez. Al igual que en el ensayo anterior, pueden determinarse los parámetros texturales, que se muestran en la Tabla 1. Se destaca que los valores difieren de los obtenidos mediante la doble compresión hasta el 20 % ya que en este caso el producto se ha deformado de una manera más irreversible, lo que incide sobre todos los parámetros. La firmeza es el único parámetro determinado con anterioridad a la máxima compresión, lo que explica que en ambos ensayos coincida el valor obtenido. En el trabajo de Savadkoohi y col. (2014), se analiza una salchicha vegetariana a base de aislado de proteína de soja, ovoalbúmina y almidón de maíz. La presión para la máxima deformación (obtenida como el cociente entre la dureza y el área de contacto) y la cohesión de las salchichas elaboradas en el presente trabajo resultaron menores que las de Savadkoohi y col., probablemente debido a la ausencia de ovoalbúmina.

Conclusiones

El secado y la molienda del BC permitieron obtener un producto estable, con características apropiadas para su almacenamiento, transporte e incorporación en alimentos. Si bien la capacidad estabilizante de emulsiones del BCSM fue muy baja, la incorporación de este producto en una matriz conteniendo texturizado de soja y sémola de trigo resultó apropiada para la formulación de una emulsión sólida y la elaboración de salchichas veganas. Se analizó la textura de las mismas y se encontró que si bien hay diferencias con otros productos desarrollados con anterioridad, las características mecánicas resultan apropiadas. Como perspectiva futura se propone llevar a cabo el análisis sensorial de este producto para evaluar su aceptabilidad. En función de esto podrá evaluarse la factibilidad de la elaboración y comercialización de un nuevo tipo de alimento en el cual pueda incorporarse el BC. De esta manera se busca alentar su

aprovechamiento en la alimentación humana evitando su descarte, contribuyendo a la promoción de la economía circular.

Agradecimientos

El equipo de trabajo agradece el financiamiento recibido a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2017-0937 y PICT 2018-02872) y a la Universidad Nacional de Rosario (80020190100129UR y 80020180300078UR).

Referencias

- Ahn, H. J., Kim, J. H., & Ng, P. K. W. (2005). Functional and thermal properties of wheat, barley, and soy flours and their blends treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Food Science*, 70(6), c380-c386.
- Akermann, A., Weiermüller, J., Christmann, J., Guirande, L., Glaser, G., Knaus, A., & Ulber, R. (2020). Brewers' spent grain liquor as a feedstock for lactate production with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*. *Engineering in life sciences*, 20(5-6), 168-180.
- Arauzo, P. J., Du, L., Olszewski, M. P., Zavala, M. M., Alhnidi, M. J., & Kruse, A. (2019). Effect of protein during hydrothermal carbonization of brewer's spent grain. *Bioresource technology*, 293, 122117.
- Back, W., Gastl, M., Krottenthaler, M., Narziß, L., Zarnkow, M. (2020). *Brewing Techniques in Practice: An In-depth Review of Beer Production with Problem Solving Strategies*. Editor: Fachverlag Hans Carl. ISBN 3418009255, 9783418009254. 394 p.
- Bamforth, C. (2009) *Beer: Tap into the Art and Science of Brewing*. Tercera edición. Editor Oxford University Press, ISBN 0199756368, 780199756360. 272 p.
- Bianco, A., Budroni, M., Zara, S., Mannazzu, I., Fancello, F., & Zara, G. (2020). The role of microorganisms on biotransformation of brewers' spent grain. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, 661–8678.
- Briggs, D. E. (2004). *Brewing: Science and Practice - Woodhead Food Series - Woodhead Publishing in food science and technology*. Editor CRC Press. ISBN 1855734907, 9781855734906. 881 p.
- Carmona González, N., & Díaz Roldán, C. (2018). El desarrollo socioeconómico en Latinoamérica: Un análisis a la luz de los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas. *Atlantic Review of Economics (ARoEc)*, 1(1).
- Combest, S., & Warren, C. (2019). Perceptions of college students in consuming whole grain foods made with Brewers' Spent Grain. *Food science & nutrition*, 7(1), 225-237.
- Connolly, A., Piggott, C. O., & FitzGerald, R. J. (2014). Technofunctional properties of a brewers' spent grain protein-enriched isolate and its associated enzymatic hydrolysates. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 1061-1067.
- Dreher, J., König, M., Herrmann, K., Terjung, N., Gibis, M., & Weiss, J. (2021). Varying the amount of solid fat in animal fat mimetics for plant-based salami analogues influences texture, appearance and sensory characteristics. *LWT-Food Science and Technology*, 143, 111140.
- FAO. (2019). *El apoyo de la FAO para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América del Sur – Panorama. Santiago de Chile*. 72 pp. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Ferrari, J. L., Villagra, S., Claps, L., & Tittone, P. (2017). Reutilización de bagazo de cebada cervecera por secado y pelletización como suplemento forrajero. *INTA EEA Bariloche*, 1(67), 43-46.
- Guzmán, B. S. S. (2005). *Caracterización Físicoquímica y Funcional de la Fibra Dietética del Fruto del Níspero (Eriobotrya japonica) y de la Cáscara de Mango Obo (Mangifera indica L)*. Tesis doctoral. Universidad Tecnológica de La Mixteca.
- Ikram, S., Huang, L., Zhang, H., Wang, J., & Yin, M. (2017). Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain. *Journal of food science*, 82(10), 2232-2242.
- López, I., Arriaga, A., & Pardo, M. (2018). La dimensión social del concepto de desarrollo sostenible: ¿La eterna olvidada? (No. ART-2018-105999).
- Majzoobi, M., Talebanfar, S., Eskandari, M. H., & Farahnaky, A. (2017). Improving the quality of meat-free sausages using κ -carrageenan, konjac mannan and xanthan gum. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(5), 1269-1275.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2019). Bagazo de cerveza: un subproducto con múltiples aplicaciones. <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/documentos/TendenciaBagazo.pdf>
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104553.
- Öztürk, S., Özboy, Ö., Cavidoğlu, İ., & Köksel, H. (2002). Effects of brewer's spent grain on the quality and dietary fibre content of cookies. *Journal of the Institute of Brewing*, 108(1), 23-27.
- Pazmiño Lescano, A. F. (2021). Diseño de una procesadora de alimentos para ganado bovino para la hacienda ganadera “el placer”, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia de Aloag. Tesis doctoral. Quito. UIDE.
- Petit, G., Korbel, E., Jury, V., Aider, M., Rousselière, S., Audebrand, L. K., Turgeon, S. L., & Mikhaylin, S. (2020). Environmental Evaluation of New Brewer's Spent Grain Preservation Pathways for Further Valorization in Human Nutrition. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(47), 17335-17344.
- Reis, S. F., & Abu-Ghannam, N. (2014). Antioxidant capacity, arabinoxylans content and in vitro glycaemic index of cereal-based snacks incorporated with brewer's spent grain. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 269-277.
- Robertson, J. A., I'Anson, K. J., Treimo, J., Faulds, C. B., Brocklehurst, T. F., Eijsink, V. G., & Waldron, K. W. (2010). Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. *LWT-Food Science and Technology*, 43(6), 890-896.
- Savadkoohi, S., Hoogenkamp, H., Shamsi, K., & Farahnaky, A. (2014). Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Meat science*, 97(4), 410-418.
- Torbica, A., Škrobot, D., Hajnal, E. J., Belović, M., & Zhang, N. (2019). Sensory and physico-chemical properties of wholegrain wheat bread prepared with selected food by-products. *LWT-Food Science and Technology*, 114, 108414.