EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE NANOCELULOSA BACTERIANA EN LA CALIDAD DE MUFFINS SIN GLUTEN

L. Marchetti [1], S. C. Andrés[1], P. Cerruti[2], A. N. Califano[1]

1 Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA, CONICET -CICPBA-UNLP). Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, 47 y 116, La Plata (1900), Argentina.
2 Instituto de Tecnología de Polímeros y Nanotecnología (ITPN), UBA-CONICET, Facultad de Ingeniería, UBA, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN), UBA, Ciudad Universitaria, Buenos aires, Argentina.
E-mail: marchetti.lucas@quimica.unlp.edu.ar

RESUMEN

La celiaquía tiene una incidencia a nivel mundial del orden de 1 cada 100 individuos. Es por esto que resulta de interés el desarrollo de productos libres de gluten (LG). La nanocelulosa bacteriana (NCB) es un hidrocoloide novedoso, producida como hidrogel, con pocos antecedentes como aditivo alimentario, pero muy satisfactorios. Se estudió el efecto de la incorporación de NCB en muffins LG. La formulación consistió en harina de arroz (18.78%), almidón y mandioca (6.26%, respectivamente), leche y huevo en polvo junto con agentes leudantes. La suma agua+hidrogel de NCB (1% NCB) fue constante (30.45%), variando sus proporciones de forma de obtener NCB en las pastas crudas: N0 (0%, control); N1 (0.06%); N2 (0.12%); N3 (0.18%); N4 (0.24%) y N5 (0.30%). Se obtuvieron muffins por cocción de 65 g de pasta a 180°C durante 32 min. Se determinaron rendimiento por diferencia de peso antes y después de la cocción, colapso tras 90min con calibre digital, volumen específico, por desplazamiento de semillas, alveolado y textura de miga (TPA).
N2 y N3 presentaron los rendimientos más bajos (86.5 y 87.7%, respectivamente) indicando que el agua se perdió más fácilmente durante la cocción, pero volúmenes específicos más elevados (2.81 y 2.63 cm^3/g, respectivamente). N0 exhibió el volumen más bajo (2.23 cm^3/g) y un importante colapso (2.73 cm). La nanocelulosa mejoró el volumen hasta N2-N3 con valores de colapso muy bajos (0.73 y 0.71 cm, respectivamente). Niveles superiores de NCB tuvieron un efecto negativo en el volumen y neutro en el colapso. La matriz del sistema con bajo o nulo contenido de hidrocoloides es demasiado débil para mantener una estructura aireada, debido a la falta de características elásticas. Un exceso de hidrocoloides resulta en una estructura demasiado rígida.
El diámetro volumétrico medio de poro D[4,3], relacionado con el tamaño de los alvéolos que constituyen la mayor parte del volumen de aire en la miga, aumentó con la proporción de NCB incorporada (N0 = 0.27 cm hasta N5 = 0.59 cm). Niveles de NCB superiores a 0.18% resultaron en migas inhomogéneas, donde no se permitió la difusión del gas formado, produciéndose la coalescencia. Estas migas mostraron menos poros,

más grandes (N2 = 10.8 poros/cm^2 N5 = 5.28 poros/cm^2) y con menor circularidad (N2 = 0.72 cm^2/cm^2 hasta N5 = 0.58 cm^2/cm^2).
N1 y N2 resultaron en las migas más blandas (5.5 N y 6.1 N). Podría explicarse por el bajo nivel de hidrocoloide (N1) y la estructura más aireada obtenida para N2. N0 resultó en una miga más densa y compacta y, como resultado, con una estructura más dura (producto el menor volumen específico y el gran colapso que presentó esta formulación). Respecto a la elasticidad de las muestras, se observa un valor máximo cuando se agregaron 0.12% NCB (0.936 cm/cm). En este caso, la estructura más aireada de la muestra podría estar relacionada con una mayor elasticidad.
Los resultados indicaron que la nanocelulosa bacteriana posee una alta capacidad tecnológica para estabilizar sistemas libres de gluten. Es destacable su alta eficiencia debido a que los mejores resultados se obtuvieron para niveles considerablemente bajos (0.12 a 0.18%).

Palabras claves: Nanocelulosa, libre de gluten, muffin, textura, estructura de la miga.

1. Introducción

Diversas estimaciones indican que la enfermedad celíaca tiene una incidencia de 1:100 personas a nivel mundial (Mustalahti y col., 2010). Recientemente fue considerada como un importante problema de salud pública y uno de los trastornos genéticos más comunes. La enfermedad celíaca es un trastorno crónico del intestino delgado que se caracteriza por la inflamación de la mucosa resultando de una intolerancia inmunológica al gluten ingerido (Murray, 1999). El único tratamiento efectivo es una estricta dieta libre de gluten (LG) a lo largo de la vida que resulta en la recuperación de la mucosa.

Los muffins son productos horneados dulces, muy apreciados por los consumidores debido a su buen sabor y textura suave. Se caracterizan por una miga porosa típica y un alto volumen que confieren una textura esponjosa. Sin embargo, eliminar el gluten de estos productos conlleva a diversos problemas tecnológicos y a una calidad inferior (Majzoobi y col., 2014).

La harina de arroz suele ser un componente principal en formulaciones LG. Tiene propiedades hipoalergénicas debido a la ausencia de gliadinas, sabor suave, color blanco, facilidad de digestión, bajos niveles de sodio y grasa, pero también bajos niveles de proteínas (Kim y Shin, 2014). Suele emplearse en combinación con otras fuentes de almidones como maíz, mandioca, papa, etc. (Gularte y col, 2012; Matos y col., 2014). Se ha sugerido que la incorporación de distintos biopolímeros como proteínas de leche o huevo o gomas, pueden mejorar las características de calidad de muffins LG (Herranz y col., 2016).

La nanocelulosa bacteriana (NCB) es un polímero no ramificado de unidades de glucosa unidas por enlaces β(1→4), obtenida como hidrogel de NCB con un 99% de agua (Cerrutti y col, 2016). Esta estructura permite que la NCB interactúe de forma muy eficiente con el agua resultando en un sistema con alta capacidad de retención de agua, resistencia a la tracción, pureza y flexibilidad (Iguchi y col., 2000). Fue clasificada como segura (denominación "GRAS") y aceptada como tal por la FDA de los EE.UU. en 1992 (Shi y col., 2014). Existen pocos antecedentes de su aplicación en sistemas alimentarios. Corral, y col. (2017) encontraron que la incorporación de nanocelulosa bacteriana (NCB) en pan de trigo mejoró su calidad, promoviendo un mayor volumen específico, porosidad con migas más tiernas y menos firmes.

El objetivo del trabajo fue examinar el efecto de la nanocelulosa bacteriana (NCB) en las características de muffins libres de gluten (LG), analizando parámetros de calidad del producto, estructura de miga, así como tamaño y distribución de poros.

2. Materiales y métodos

2.1 Formulaciones estudiadas

Se empleó una pre-mezcla LG compuesta de harina de arroz, almidón de maíz y mandioca en relación 6:2:2, respectivamente. Los niveles de todos componentes se indican a continuación en la Tabla 1.

Tabla1. Niveles de los componentes de las pastas crudas para obtener los muffins LG

Componente (g/100g de pasta cruda)	Nivel (g/100g pasta cruda)
Pre-mezcla LG (Ying Yang, Remedios de Escalada)	31.24
Agua+Higrogel NCB (según Tabla 2)	30.45
Aceite girasol Alto Oleico (Molino Cañuelas, Cañuelas)	10.00
Azúcar (Ledesma, Tucumán)	21.37
Leche en polvo (La Serenísima, General Rodríguez)	2.36
Huevo en polvo (Ovobrand, Brandsen)	3.19
Tartrato de potasio (Biopack, Buenos Aires)	0.3805
Bicarbonato de sodio (Biopack, Buenos Aires)	0.3805
NaCl (Anedra, Buenos Aires)	0.2310
Esencia de vainilla (Saporiti, Buenos Aires)	0.4000
Total	**100**

La BNC fue producida por *Gluconacetobacter xylinus* NRRL B-42. Los inóculos se cultivaron durante 48 h en Erlenmeyers con medio Hestrin y Schramm a pH 6.0 y agitación. Las BNC en forma de películas se lavó con agua para eliminar el medio de cultivo y se hirvieron en solución de NaOH (2%) durante 1 h para eliminar las células bacterianas. Luego, las películas se lavaron con agua destilada hasta neutralización.

Se incorporó nanocelulosa bacteriana (NCB) como hidrogel (1% NCB) manteniendo la suma agua+hidrogel constante, pero variando sus proporciones de forma de obtener distintos niveles de NCB en las pastas crudas como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Diseño experimental y códigos empleados para formulaciones de muffins LG.

Código de formulaciones	**N0**	**N1**	**N2**	**N3**	**N4**	**N5**
Agua (g/100g pasta cruda)	30.45	24.36	18.27	12.18	6.09	0.00
Hidrogel de NCB (g/100g pasta cruda)	0.00	6.09	12.18	18.27	24.36	30.45
NCB (g/100g pasta cruda)	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30

2.2 Elaboración de los muffins libres de gluten con NCB

Se comenzó por mezclado de los ingredientes secos con una procesadora con accesorio para batido (Universo Rowenta, Erbach, Alemania). Se empleó la potencia 1 durante 1 minuto, para homogeneizar la pre-mezcla LG, el azúcar, las sales. Paralelamente, se reconstituyó la leche en polvo y el huevo en polvo con la mezcla de agua+hidrogel en agitador magnético, luego estas mezcla fue incorporada a la procesadora. Se batió durante 5 minutos totales, hasta obtener mezclas homogéneas. Finalmente, se obtuvieron muffins por cocción de 65 g de pasta cruda, en horno (Ariston FM87-FC, Ariston, Fabriano, Italia) precalentado, 180°C durante 32 min.

2.3 Determinaciones realizadas

2.3.1 Rendimiento: Se determinó registrando la masa de los muffins antes y después del proceso de cocción y enfriado, expresándolo como Rendimiento porcentual (R%) (6 replicados por lote, 2 lotes por formulación).

2.3.2 Actividad acuosa (a_w): Se determinó sobre migas de muffins a 25°C (3 replicados por lote, 2 lotes por formulación), utilizando un equipo AquaLabDew Point Series 4 4TEV (DecagonDevices INC. MA, EE.UU.).

2.3.3 Colapso: se determinó como la diferencia en altura de los productos al retirarlos del horno (0 minutos) y después de 90 minutos (6 replicados por lote, 2 lotes por formulación) con calibre digital electrónico (Schwyz, Schwyz, Suiza).

2.3.4 Altura y volumen específico: la altura se midió desde la base hasta la parte superior más alta utilizando un calibre digital electrónico (Schwyz, Schwyz, Suiza); el volumen se determinó por el desplazamiento de semillas producido por un muffin previamente pesado. El volumen específico se obtuvo como volumen/masa de la muestra (6 replicados por lote, 2 lotes por formulación).

2.3.5 Alveolado de la miga: Sobre rebanadas longitudinales de los muffins se obtuvieron imágenes mediante un escáner (HP 4500 Hewlett Packard, Palo Alto, CA, EE.UU), las que se analizaron mediante el software Image J 1.48q (National Institutes of Health, Stapleton, NY, EE.UU., http://rsb.info.nih.gov/ij/) para obtener el diámetro, área y perímetro de los poros (6 replicados por lote, 2 lotes por formulación). Con estos valores se calcularon:

- D[4,3] o diámetro volumétrico medio (mm), refleja el tamaño de los poros:

$$D[4,3] = \frac{\sum_i^N n_i D_i^4}{\sum_i^N n_i D_i^3} \quad (1)$$

siendo: D_i el diámetro del i^{mo} poro (mm), n_i el número de poros con diámetro D_i (ad), N(ad) el número total de poros en la imagen analizada.

- Circularidad (cm^2/cm^2) de los poros como:

$$\text{Circularidad} = \frac{4A}{\pi D_{max}^2} \quad (2)$$

siendo: A el área del poro (cm^2); D_{max} el diámetro máximo del poro (cm);

- Densidad de poros como: número de poros/cm^2 y Fracción de área de poros como: el área total de poros dividida por el área total de la rebanada (cm^2/cm^2).

2.3.6 Textura de la miga: mediante Análisis de Perfil de Textura (TPA) con un Texturómetro TAXT2i (Stabile MicroSystems, Reino Unido). Los ensayos se realizaron sobre una porción cilíndrica de la muestra (d = 28.8; altura = 25.6 mm) tomadas del centro de los productos.

2.4. Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANAVA) por separado sobre las variables dependientes estudiadas considerando cada formulación como un nivel en un diseño monofactorial. Para las comparaciones pareadas simultáneas se empleó la prueba de menores diferencias significación (LSD). Las diferencias en las medias y las pruebas F se consideraron significativas cuando P fuera menor a 0.05. Los cálculos estadísticos se

realizaron utilizando el software SYSTAT (SYSTAT, Inc., Evanston, IL). Los datos experimentales se informaron como valores medios ± error estándar de la media (ESM).

3. Resultados y discusión

3.1 Características físicas de los productos

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para las características físicas de muffins LG con distintos niveles de NCB. Las formulaciones N2 y N3 presentaron un rendimiento ligeramente inferior, indicando una mayor facilidad para la perdida de agua. Esta observación resultó consistente con los menores valores de a_w obtenidos. Estas formulaciones presentaron también los valores de altura y volumen específico más elevados, indicando una mayor o más eficiente retención de gas en los productos.

Tabla 3. Características físicas de muffins LG obtenidos con distintos niveles de NCB. Códigos en Tabla 2.

Código	Rendimiento (g/100g)	a_w	Volumen específico (cm^3/g)	Altura (cm)	Colapso (cm)
N0	89.9 ± 0.4^{a}	0.928 ± 0.01^{a}	1.93 ± 0.07^{d}	3.83 ± 0.9^{e}	2.73 ± 0.9^{a}
N1	88.7 ± 0.4^{b}	0.923 ± 0.005^{b}	2.49 ± 0.05^{c}	4.51 ± 0.5^{d}	1.43 ± 0.4^{b}
N2	86.5 ± 0.8^{c}	0.913 ± 0.002^{d}	2.81 ± 0.1^{a}	5.23 ± 0.2^{a}	0.73 ± 0.09^{c}
N3	87.7 ± 0.7^{c}	0.913 ± 0.004^{d}	2.63 ± 0.1^{ab}	5.01 ± 0.3^{ab}	0.81 ± 0.3^{c}
N4	88.7 ± 0.2^{b}	0.917 ± 0.003^{bc}	2.57 ± 0.08^{bc}	4.86 ± 0.08^{bc}	0.76 ± 0.2^{c}
N5	88.8 ± 0.4^{b}	0.915 ± 0.001^{c}	2.47 ± 0.06^{c}	4.83 ± 0.09^{c}	0.91 ± 0.08^{c}

Distintas letras en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Por otra parte los muffins sin NCB (N0) exhibieron una baja calidad, menor altura con el volumen más bajo. Esto indicó que la adición de hasta 0.18% de nanocelulosa bacteriana mejoraría el volumen, mientras que mayores agregados tendrían efecto negativo. Las formulaciones sin NCB o con el menor nivel de hidrocoloide (N0 y N1) tendrían dificultades para atrapar burbujas de aire y retener el gas durante el proceso de horneado, lo que daría como resultado productos de bajo volumen específico. Con niveles mayores a 0.18% de NCB, la matriz sería demasiado elástica y ofrecería una alta resistencia durante el proceso de expansión de los gases durante el horneado. Martínez-Cervera y col. (2015) informaron que una fuerte disminución de las propiedades elásticas (mayor tan δ) durante el calentamiento puede reducir la capacidad de retención

de aire del sistema y, como consecuencia, las burbujas se perderán fácilmente, generando una textura menos aireada y una disminución en la altura final. Por otro lado Gomez y col., 2007 informaron que el agregado de 1% de HPMC permitió incrementar el volumen de tortas LG sin afectar la dureza del producto. También se ha informado que 1% de CMC resultó en el nivel más apropiado para obtener un producto LG de características comparables a un control con trigo (Ncolae y col., 2016).

Las medidas de colapso efectuadas estuvieron en concordancia con lo descripto previamente. Las formulaciones con los niveles más bajos de NCB presentaron un mayor colapso (Tabla 3). Además se observó una correlación negativa ($P < 0.05$; $R^2 > 0.96$) entre el volumen específico de muffins y los rendimientos. Otros autores atribuyeron este efecto a una mayor superficie en contacto con el aire que maximiza el intercambio de vapor (Sahagún y col., 2018).

3.2 Alveolado de la miga

El diámetro volumétrico medio del poro D[4,3] aumentó con la adición de NCB (Tabla 4). Esto pudo relacionarse con el efecto de la NCB sobre la pasta cruda. Una viscosidad más baja pudo haber permitido que las celdas de aire más grandes se unieran y escaparan mientras retenían las pequeñas (Martínez-Cervera y col., 2012).

Tabla 4. Parámetros obtenidos a través del análisis de imágenes de migas de muffins LG. Códigos en Tabla 2.

Código	D[4,3] (mm)	Densidad de poros (nº/cm^2)	Fracción de área de poros (cm^2/cm^2)	Circularidad (cm^2/cm^2)
N0	0.27 ± 0.05^c	4.52 ± 0.05^c	0.28 ± 0.04^c	0.78 ± 0.04^a
N1	0.38 ± 0.03^b	9.68 ± 0.2^a	0.33 ± 0.03^c	0.76 ± 0.05^a
N2	0.38 ± 0.02^b	10.84 ± 0.32^a	0.48 ± 0.07^a	0.72 ± 0.06^a
N3	0.42 ± 0.04^b	8.79 ± 0.12^b	0.42 ± 0.04^b	0.64 ± 0.03^b
N4	0.51 ± 0.06^a	5.36 ± 0.9^c	0.38 ± 0.03^b	0.57 ± 0.09^c
N5	0.59 ± 0.08^a	5.28 ± 0.08^c	0.41 ± 0.03^b	0.58 ± 0.12^c

Distintas letras en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Cuando se incluyeron niveles bajos de hidrocoloides (N1-N3), el tamaño de poro aumentó significativamente y también la cantidad de poros totales (Tabla 3). La formulación N2 también mostró las fracciones de área de poro más altas, lo que es

consistente con su mayor volumen específico. Corral y col. (2017) informaron un aumento del D[4,3] y del volumen específico de pan cuando se incorporó 0.14 g/100g de NCB (base seca).

Las adiciones de NCB sobre N2 condujeron a una miga inhomogénea, estos resultados están en línea con las propiedades físicas descriptas anteriormente. Probablemente al resultar en sistemas muy elásticos, no se formaron vías de difusión que permitieran el escape del gas atrapado, llevando al mismo a un proceso de coalescencia. Como resultado, la miga mostró un aumento en el tamaño de poro y una disminución en la densidad y circularidad de poro. Este fenómeno se puede apreciar en la Figura 1 y la Tabla 4, para formulaciones N3 a N5.

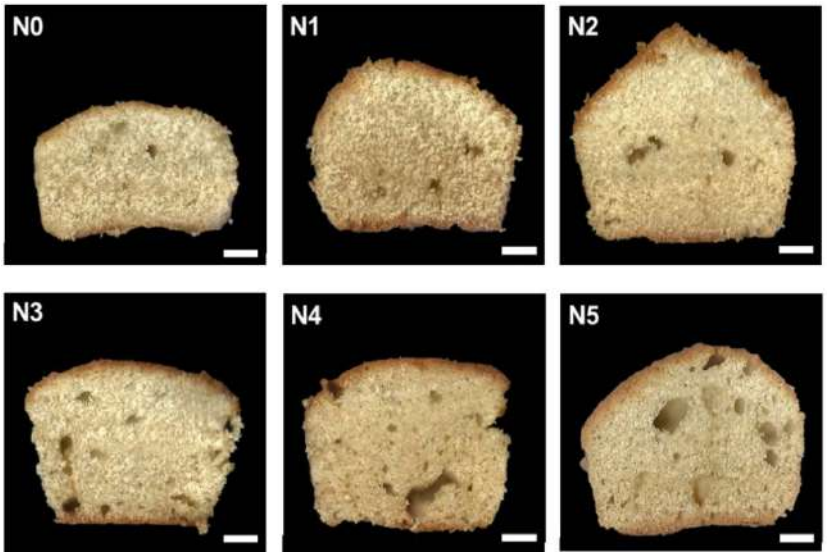

Figura 1. Secciones longitudinales de distintas formulaciones de muffins LG. La barra blanca representa 1 cm. Códigos en Tabla 2.

3.3 Textura de los productos

Los resultados obtenidos para la textura de la miga de las diferentes formulaciones de muffins LG se presentan en la Tabla 5. Las formulaciones N1 y N2 dieron como resultado las miga más blandas. Este resultado podría explicarse por el bajo nivel del hidrocoloide (N1) y la estructura más aireada obtenida para N2. Cuando no se incluyó hidrocoloide (N0), el sistema resultó en una miga más densa y compacta y, como resultado, con una estructura más dura. Finalmente, la dureza de las formulaciones N3 a N5 mostró un incremento importante con la adición de la nanocelulosa. Este aumento puede ser causado por una menor cantidad de poros y un menor volumen, asociado con una textura más dura. También podría estar relacionado con los fenómenos de

competencia entre el azúcar y el hidrocoloide por el agua disponible. La solubilidad del azúcar podría disminuir a medida que aumenta el contenido de NCB, y produciéndose el fenómeno de cristalización cuando el azúcar se expone al calor. Por lo tanto, esta cristalinidad podría aumentar la dureza de la miga (Sahagún y col., 2018).

Tabla 5. Parámetros de textura de miga de muffins LG. Códigos en Tabla 2.

Código	Dureza (N)	Elasticidad (mm/mm)	Cohesividad (J/J)
N0	8.4 ± 0.5^{b}	0.800 ± 0.011^{d}	0.328 ± 0.018^{d}
N1	5.5 ± 0.4^{c}	0.876 ± 0.007^{c}	0.373 ± 0.008^{c}
N2	6.1 ± 0.5^{c}	0.936 ± 0.001^{a}	0.390 ± 0.009^{c}
N3	9.4 ± 0.7^{b}	0.917 ± 0.018^{b}	0.434 ± 0.008^{b}
N4	13.5 ± 1.2^{a}	0.920 ± 0.015^{b}	0.472 ± 0.016^{a}
N5	14.8 ± 1.7^{a}	0.916 ± 0.013^{b}	0.482 ± 0.010^{a}

Distintas letras en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

La elasticidad es una propiedad deseable en muffins, asociada a productos frescos, aireados; y los altos valores de elasticidad reflejan muffins de mejor calidad (Shevkani y col., 2014). La elasticidad de las formulaciones mostró un valor máximo cuando se agregaron 0.12 g de NCB/100 g de masa cruda (N2). En este caso, la estructura más aireada del producto podría estar relacionada con una mayor elasticidad (Rodríguez-García y col., 2014). Asimismo, observamos un aumento significativo de la cohesividad con el nivel de NCB. Esto podría explicarse por la formación de una red tridimensional más compleja gracias a la NCB. A medida que el nivel del hidrocoloide es incrementado se establecerían más puntos de contacto reforzando la estructura del sistema y aumentando la cohesión de la miga.

4. Conclusiones

El estudio físico y estructural de sistemas libres de gluten (LG) empleando nanocelulosa bacteriana mostró que este hidrocoloide posee una gran aptitud tecnológica para obtener muffins. Se lograron obtener productos LG con un gran volumen y altura y una distribución de poros homogénea. Se logró una textura más elástica, cohesiva y blanda. Todos estos atributos de calidad son apreciados por los consumidores. Es por ello que la nanocelulosa bacteriana (NCB) sería un buen agente estabilizante de estos sistemas. Resulta notable su alta eficiencia debido a que los

mejores resultados se obtuvieron para niveles considerablemente bajos de este hidrocoloide (0.12 a 0.18%), mientras que otros derivados de la celulosa como HPMC o CMC requieren de niveles de 1% para lograr un impacto significativo. En futuros ensayos se abordaran aspectos microestructurales para poder comprender mejor como es la interacción NCB-matriz.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET, Argentina), Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Argentina), Universidad Nacional de La Plata, En memoria de la Dra. Alicia N. Califano (1951-2019), investigadora (CIDCA-CONICET, Argentina) altamente respetada y compañera a quien extrañamos profundamente.

Referencias

Cerrutti, P., Roldán, P., García, R. M., Galvagno, M. A., Vázquez, A., & Foresti, M. L. (2016). Production of bacterial nanocellulose from wine industry residues: Importance of fermentation time on pellicle characteristics. Journal of Applied Polymer Science, 133(14).

Corral, M. L., Cerrutti, P., Vázquez, A., & Califano, A. (2017). Bacterial nanocellulose as a potential additive for wheat bread. Food Hydrocolloids.

Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food hydrocolloids, 21(2), 167-173.

Gularte, M. A., de la Hera, E., Gómez, M., & Rosell, C. M. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. LWT-Food Science and Technology, 48(2), 209-214.

Herranz, B., Canet, W., Jiménez, M. J., Fuentes, R., & Alvarez, M. D. (2016). Characterisation of chickpea flour-based gluten-free batters and muffins with added biopolymers: rheological, physical and sensory properties. International journal of food science & technology, 51(5), 1087-1098.

Iguchi, M., Yamanaka, S., & Budhiono, A. (2000). Bacterial cellulose—a masterpiece of nature's arts. Journal of Materials Science, 35(2), 261-270.

Kim, J.-M., & Shin, M. (2014). Effects of particle size distributions of rice flour on the quality of gluten-free rice cupcakes. LWT-Food Science and Technology, 59(1), 526-532.

Majzoobi, M., Ghiasi, F., Habibi, M., Hedayati, S., & Farahnaky, A. (2014). Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. Journal of food processing and preservation, 38(3), 1164-1170.

Martínez-Cervera, S., Salvador, A., & Sanz, T. (2015). Cellulose ether emulsions as fat replacers in muffins: Rheological, thermal and textural properties. LWT-Food Science and Technology, 63(2), 1083-1090.

Martínez-Cervera, S., Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S. (2012). Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. LWT-Food Science and Technology, 45(2), 213-220.

Matos, M. E., Sanz, T., & Rosell, C. M. (2014). Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. Food Hydrocolloids, 35, 150-158.

Murray, J. A. (1999). The widening spectrum of celiac disease. The American journal of clinical nutrition, 69(3), 354-365.

Mustalahti, K., Catassi, C., Reunanen, A., Fabiani, E., Heier, M., McMillan, S., Murray, L., Metzger, M.-H., Gasparin, M., & Bravi, E. (2010). The prevalence of celiac disease in Europe: results of a centralized, international mass screening project. Annals of medicine, 42(8), 587-595.

Nicolae, A., Radu, G. L., & Belc, N. (2016). Effect of sodium carboxymethyl cellulose on gluten-free dough rheology. Journal of food engineering, 168, 16-19.

Rodríguez-García, J., Salvador, A., & Hernando, I. (2014). Replacing fat and sugar with inulin in cakes: bubble size distribution, physical and sensory properties. Food and Bioprocess Technology, 7(4), 964-974.

Sahagún, M., Bravo-Núñez, Á., Báscones, G., & Gómez, M. (2018). Influence of protein source on the characteristics of gluten-free layer cakes. LWT, 94, 50-56.

Shevkani, K., & Singh, N. (2014). Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch -based gluten- free m
49(10), 2237-2244.

Shi, Z., Zhang, Y., Phillips, G. O., & Yang, G. (2014). Utilization of bacterial cellulose in food. Food Hydrocolloids, 35, 539-545.