

Atributos de calidad en emulsiones cárnicas magras que incluyen hidrocoloides y aceite vegetal de alto oleico

Quality attributes of lean meat emulsions including hydrocolloids and high-oleic vegetable oil

Graiver¹ N, Andrés¹ S, Zaritzky^{1, 2} N, Califano¹ A.

¹CIDCA, CONICET-CCT La Plata, Fac. Ciencias Exactas, UNLP, 47 y 116

² Dep. Ing. Química, Fac. Ingeniería, UNLP, 47 y 116

La Plata (1900) Argentina.

natalia@quimica.unlp.edu.ar

RESUMEN

El consumo de lípidos de origen animal se ha vinculado a diversas enfermedades. Cumplimentar los requerimientos nutricionales e integrar las carnes como un componente saludable en la dieta es un desafío para la industria cárnica. Una opción saludable para las emulsiones cárneas es disminuir la fase grasa (vacuna o porcina) y reemplazarla por aceite vegetal con alto contenido en ácidos grasos insaturados (n3, n6 o n9). Generalmente la grasa se reemplaza parcialmente por agua y se agregan distintos productos (hidrocoloides, proteínas) para incrementar la capacidad de retención de humedad, disminuyendo las pérdidas en la cocción y mejorando la textura y jugosidad del producto.

El objetivo del trabajo fue: estudiar la factibilidad del reemplazo de la grasa de origen animal por aceite vegetal de alto oleico en un producto de carne vacuna magra emulsionado, mediante la inclusión de hidrocoloides y proteínas de huevo, y determinar el efecto de la adición de dichos componentes en la textura, color, rendimiento y propiedades microestructurales de emulsiones cárneas.

Se desarrollaron emulsiones cárnicas de bajo contenido lipídico formuladas con aceite de girasol con alto contenido oleico (5%) y utilizando carne vacuna magra. Se variaron las concentraciones de carboximetilcelulosa (CMC, 0-0,50%) y albúmina (0-4%), utilizando un Diseño Central Compuesto con 9 formulaciones y replicados en el centro. Todas las formulaciones incluyeron: NaCl, tripolifosfato de sodio, NaNO₂, ácido eritórico y glutamato de sodio. Las muestras fueron sometidas a pre-cocción hasta que el centro alcanzó 74°C, y posteriormente enfriadas y acondicionadas para los análisis posteriores.

Sobre los productos se determinaron el pH, composición (humedad, cenizas, proteínas y lípidos), rendimiento, análisis de perfil de textura (TPA, Texturómetro TAXT2i), color (colorímetro Minolta CR300) y microestructura (microscopía electrónica de barrido ambiental, ESEM). Los datos se analizaron utilizando la metodología de superficie de respuesta para explicar aquellas variables que fueron afectadas por la composición utilizada.

Las formulaciones ensayadas presentaron un rendimiento en procesamiento promedio de $98,8 \pm 0,4\%$, evidenciando una buena estabilidad térmica de la emulsión y adecuada capacidad de retención de agua de la matriz cárnea. El pH medio fue de $5,55 \pm 0,05$. Los parámetros de color promedio obtenidos fueron: $L^*=61,05 \pm 2,06$, $a^*=19,69 \pm 1,20$, $b^*=14,94 \pm 0,81$.

La adhesividad, cohesividad, elasticidad y resiliencia no fueron afectados por la composición del producto, mientras que la dureza, gomosidad y masticabilidad de las muestras ensayadas sí dependieron significativamente de la formulación. La dureza, gomosidad y masticabilidad fueron función de CMC y de la interacción entre la CMC y la albúmina, obteniéndose los valores más altos a bajos contenidos de CMC y altos de albúmina.

Los atributos de color, textura y retención de agua durante la cocción fueron adecuados para este tipo de alimentos cárneos, no existentes en el mercado.

ABSTRACT

Animal lipid consumption has been associated with several diseases. To comply with nutritional requirements and to include meat as a health component of a diet is a challenge to the meat industry. A healthy option for meat emulsions is to limit animal fat content by replacing it with vegetable oils rich

in unsaturated fatty acids (n3, n6, or n9). Generally, fat is partially replaced by water and other components (hydrocolloids, proteins) to increment the water holding capacity, diminishing cooking losses and improving texture and juiciness of the low-fat meat emulsion.

The objective of this work was to study the feasibility of substituting animal fat by high oleic sunflower oil in a low-fat meat emulsion product, including hydrocolloids and egg proteins, and to analyze the effect of these components on texture, color, process yield, and microstructure of meat emulsions.

Low-fat meat emulsions were formulated using high oleic sunflower oil (5%) and lean bovine meat. Concentrations of carboxymethyl cellulose (CMC, 0-0.50%) and egg-albumin (0-4%) were varied according to a Central Composite Design with 9 formulations and replicates of the central point. All the formulations included NaCl, sodium tripolyphosphate, NaNO₂, erythorbic acid and sodium glutamate. Samples were pre-cooked until the center reached 74°C, cooled and prepared for further analysis.

Composition (moisture, ash, proteins, and lipid contents), pH, process yield, texture profile analysis (TPA, TAXT2i), color (Minolta CR300) and microstructure (environmental scanning electron microscopy, ESEM) were determined on the products. Experimental results were analyzed using response surface methodology. Mean process yield of all the formulations was $98.8 \pm 0.4\%$, showing a good thermal stability of the emulsion and adequate water holding capacity of the meat matrix. The mean pH was 5.55 ± 0.05 . Average color parameters were $L^*=61.05 \pm 2.06$, $a^*=19.69 \pm 1.20$, $b^*=14.94 \pm 0.81$.

Adhesiveness, cohesiveness, springiness and resilience were not affected by composition of the product. Hardness, gumminess, and chewiness of the samples were significantly affected by the formulation. Hardness, gumminess and chewiness were function of CMC, and CMC-albumin interaction, reaching the highest values at low levels of CMC and high levels of albumin.

Color and texture attributes and water retention during cooking were adequate for this type of meat products that do not exist in the market yet.

PALABRAS CLAVE: *emulsión cárnica, carboximetilcelulosa, albúmina, textura, color.*

KEYWORDS: *meat emulsion, carboxymethyl cellulose, albumin, texture, color.*

INTRODUCCIÓN

En la “Estrategia Mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud” de la Organización Mundial de la Salud se recomienda reducir el consumo de grasas saturadas y ácidos grasos trans para disminuir los riesgos de muerte por enfermedades no transmisibles, como las cardiovasculares. Esto ha incrementado la demanda de productos con bajo contenido graso. En la actualidad no existen en el mercado suficientes alternativas saludables a igual costo de las tradicionales, lo que impulsa el desarrollo de nuevas opciones.

Los productos cárneos constituyen una parte significativa de la dieta promedio de la población de nuestro país y tienen un elevado potencial para la reducción de su contenido graso e inclusión de ácidos grasos poli-insaturados, más beneficiosos que los que tradicionalmente contienen. Las emulsiones tipo salchichas representan alimentos preferidos o bien aceptados sobre todo por la población infantil. La posibilidad de elaborar alternativas de estos productos más saludables contribuiría a fomentar una alimentación más sana, desde la niñez.

Los productos tipo emulsiones cárnicas de bajo contenido graso sin un simultáneo agregado de agua resultan más costosos debido al alto contenido en carne magra, y con una textura más firme y menos jugosa. El reemplazo de grasa por agua incrementa las pérdidas durante la cocción (Su *et al.* 2000). Más aún, utilizando menos cloruro de sodio en la formulación se ven afectadas las propiedades de capacidad de retención de agua y emulsificantes de las proteínas de la carne. La incorporación de agentes de liga es un factor que contribuiría fuertemente a evitar o disminuir la pérdida por cocción. Entre los aditivos químicos más usados para este fin se encuentran los almidones y los fosfatos, estos últimos generalmente usados en combinación con cloruro de sodio.

La grasa juega un rol importante en la formación de emulsiones cárneas (Morin *et al.* 2004) ya que ejerce una influencia considerable sobre la habilidad para ligarse de las moléculas de proteínas. Los

reemplazantes de la materia grasa constituyen una gran variedad de sustancias químicas con diversas propiedades funcionales. A las emulsiones alimenticias se les puede incorporar hidrocoloides, que son hidratos de carbono de alto peso molecular que ayudan a estabilizar este tipo de sistemas. Sus propiedades se basan en la capacidad que tienen para estructurar la fase continua del medio, lo cual depende de su solubilidad en agua y/o de la formación de asociaciones intermoleculares (Giboreau *et al.* 1994). Además aumentan la viscosidad de los sistemas, algunos tienen capacidad de gelificación y estabilizan las emulsiones (Wallingford y Labuza 1983). Uno de los hidrocoloides comúnmente utilizados en alimentos es la carboximetilcelulosa, un polímero aniónico soluble en agua derivado de la celulosa, de alto grado de pureza y disponible comercialmente. También se pueden adicionar aislados proteicos para mejorar la capacidad de retención de agua del producto. En particular, las proteínas de huevo además de ser emulsificantes y de brindar textura, tienen alto valor biológico.

El problema de formular salchichas de carne bovina con bajo contenido graso consiste en encontrar la combinación adecuada de aditivos que mantenga una buena estabilidad de los productos, con máximo rendimiento y manteniendo las condiciones de palatabilidad y sabor requeridas. Una opción saludable para estas emulsiones cárneas es disminuir la fase grasa (vacuna o porcina) y reemplazarla por aceite vegetal con alto contenido en ácidos grasos insaturados (n3, n6 o n9).

El objetivo del trabajo fue: estudiar la factibilidad del reemplazo de la grasa de origen animal por aceite vegetal de alto oleico en un producto de carne bovina magra emulsionado, mediante la inclusión de hidrocoloides (carboximetilcelulosa) y proteínas de huevo, determinando el efecto de la adición de dichos componentes en la textura, color, rendimiento y propiedades microestructurales de emulsiones cárneas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrollaron emulsiones cárnicas de bajo contenido lipídico formuladas con 5% de aceite de girasol con alto contenido de ácido oleico (n9) y utilizando carne vacuna magra. Se variaron las concentraciones de carboximetilcelulosa (CMC, 0-0,50%) y albúmina (0-4%), utilizando un Diseño Central Compuesto con 9 formulaciones y replicados en el centro (**Tabla 1**). Todas las formulaciones se prepararon con la siguiente composición porcentual básica: NaCl 2%, tripolifosfato de sodio 0,2%, NaNO₂ 0,015%, ácido eritórbito 0,045%, fitoesteroles 0,15% y H₂O 20%; también incluyeron pimienta blanca, nuez moscada, pimentón y glutamato de sodio.

Tabla 1: Codificación de las variables correspondientes al diseño central compuesto para evaluar el efecto de la carboximetilcelulosa (CMC) y de la albúmina.

Variable codificada	-1,414	-1	0	1	1,414
CMC (%)	0	0,07	0,25	0,43	0,5
Albúmina (%)	0	0,59	2	3,41	4

La carne, sin grasa visible, fue picada y luego procesada junto con el NaCl y el tripolifosfato de sodio durante 30 s. El aceite y el agua fueron emulsionados (1 minuto) junto a los otros los ingredientes secos, y luego se agregó esta emulsión a la carne y se homogeneizó la pasta.

Se evaluó el pH de las pastas obtenidas utilizando un electrodo selectivo. Las pastas obtenidas se embutieron manualmente en tripa colágena reconstituida, comestible. Se colocaron en bolsas “cook-in” (Permeabilidad O₂: 35 cm³/(m².día.bar) a 23 °C, CN510, Sealed Air Argentina), se pesaron y fueron sometidas a pre-cocción en baño de agua termostatzado (Haake L, Haake Buchler Instruments, Karlsruhe, Germany) a 80 °C hasta alcanzar 74 °C en el centro de acuerdo a las recomendaciones (FDA-CFSAN 2003) controlando la temperatura con una termocupla de cobre-constantan. Finalizada la pre-cocción, las bolsas conteniendo las salchichas se enfriaron inmediatamente en un baño de agua-hielo, se pesaron nuevamente para calcular la pérdida de peso (el rendimiento en cocción,%) y se acondicionaron las muestras para los análisis posteriores. Para cada una de las 9 formulaciones la mitad de las muestras se cocieron en agua durante 3 minutos a 100 °C.

Se determinó el color interno sobre rodajas de salchichas precocidas y cocidas mediante Colorímetro triestímulo Minolta CR300 por cuadruplicado. Se utilizó la escala de color CIE-L*, a*, b*, mediante la cual el color es descripto por los parámetros de luminosidad L*, y de cromaticidad a* y b*.

El análisis de textura instrumental se realizó sobre muestras pre-cocidas y cocidas a temperatura ambiente. Para cada formulación se evaluaron al menos cuatro muestras. Se realizó un análisis de perfil de textura (TPA) (Bourne 1978, Brennan y Bourne 1994) sobre muestras cilíndricas de 1,5 cm de altura y 1,7 cm de diámetro, las cuales fueron comprimidas un 30% de su altura original en 2 ciclos sucesivos entre platos planos empleando un Texturómetro TAXT2i (Stable Micro Systems, UK) y un software (Texture Expert Technologies Corp.) para analizar los datos. En estos ensayos la velocidad del cabezal fue de 0,5 mm/s. Se determinaron los parámetros: dureza (N), adhesividad (Joule), cohesividad (adimensional), gomosidad (N), elasticidad (adimensional), masticabilidad (N) y resiliencia (adimensional).

Se utilizó un microscopio Electrónico de Barrido Ambiental (ESEM) para observar la microestructura de las distintas formulaciones, sobre muestras frescas de 0,5 cm de lado y 0,3 cm de espesor, con el fin de evaluar los posibles cambios en la matriz debido a las variaciones de la formulación.

Se determinó la composición de las salchichas precocidas por duplicado. La humedad se determinó por el método indirecto en estufa a 105 °C (método AOAC 24.003 1980). El contenido total proteico se determinó utilizando el método de Kjeldahl (métodos 24.009 AOAC, 1980), mientras que para la determinación de cenizas se realizó en mufla a 550 °C siguiendo el método 24.027 (AOAC 1980). El contenido lipídico se midió en muestras previamente secados con Na₂SO₄ anhidro por el método de Soxhlet, utilizando como solvente éter petróleo (pe: 35-60 °C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron cambios significativos en el pH de las pastas resultantes de las distintas formulaciones, obteniéndose un valor promedio de 5,55 ± 0,05.

En la **Tabla 2** se muestra la composición porcentual de las diferentes formulaciones, en la cual se observa el bajo contenido lipídico (aceite agregado + lípidos de la carne) de las muestras y elevado contenido de proteínas de alto valor biológico (proteínas de carne y huevo).

Las formulaciones ensayadas presentaron un rendimiento en procesamiento promedio de 98,8 ± 0,4%, evidenciando una buena estabilidad térmica de la emulsión y adecuada capacidad de retención de agua y lípidos de la matriz cárnea.

Tabla 2. Composición de las distintas formulaciones expresadas como g/ 100g de emulsión cárnea.

CMC (g/100g)	Albúmina (g/100g)	Humedad (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Lípidos (g/100g)	Cenizas (g/100g)
0,25	2	70,32	20,17	5,65	3,32
0	2	70,16	20,53	5,79	3,14
0,5	2	70,44	19,72	5,72	3,30
0,25	0	70,91	19,16	5,84	3,32
0,25	4	69,13	22,89	5,75	3,29
0,07	0,59	69,14	20,79	6,09	3,37
0,07	3,41	69,68	22,39	5,85	3,15
0,43	0,59	70,03	20,56	5,88	3,20
0,43	3,41	69,87	22,11	5,96	3,12

No se observaron diferencias significativas entre las formulaciones en los parámetros de color, siendo sus valores medios: L*=61,05 ± 2,06, a*=19,69 ± 1,20, b*=14,94 ± 0,81.

Los resultados obtenidos se analizaron utilizando la metodología de superficie de respuesta para explicar aquellas variables que fueron afectadas por la composición utilizada para lo cual se propuso un modelo del tipo:

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 \quad (1)$$

Donde Z_i es la variable predicha, β₀ es el término independiente, β₁, β₂, β₁₁, β₂₂ y β₁₂ son los parámetros correspondientes para los términos lineales, cuadráticos y la interacción. X₁ y X₂ son los valores codificados de carboximetilcelulosa (CMC) y albúmina respectivamente. Los términos que no

fueron significativos ($p > 0,05$) se eliminaron del modelo inicial y se obtuvo el modelo final con los parámetros significativos ($p < 0,05$).

La adhesividad, cohesividad, elasticidad y resiliencia no fueron afectados por la composición del producto, mientras que la dureza, gomosidad y masticabilidad de las muestras ensayadas sí dependieron significativamente de la formulación.

La dureza, la gomosidad y la masticabilidad fueron función tanto de CMC como de la interacción entre albúmina y CMC (Ecuaciones 2, 3, 4).

$$\text{Dureza} = 10,11 - 2,51 \text{ CMC} + 1,44 \text{ CMC}^2 - 1,35 \text{ CMC Albúmina} \quad (2)$$

$$\text{Gomosidad} = 6,21 - 1,94 \text{ CMC} + 0,79 \text{ CMC}^2 - 1,01 \text{ CMC Albúmina} \quad (3)$$

$$\text{Masticabilidad} = 5,61 - 1,92 \text{ CMC} + 0,75 \text{ CMC}^2 - 0,97 \text{ Albúmina CMC} \quad (4)$$

En la **Figura 1** se observa la dependencia de dichos parámetros en función de la CMC y de la albúmina obteniéndose los valores más altos a contenidos bajos de CMC y altos de albúmina, probablemente debido al límite de la compatibilidad termodinámica de las proteínas y los polisacáridos en medio acuoso (Tolstoguzov 1986).

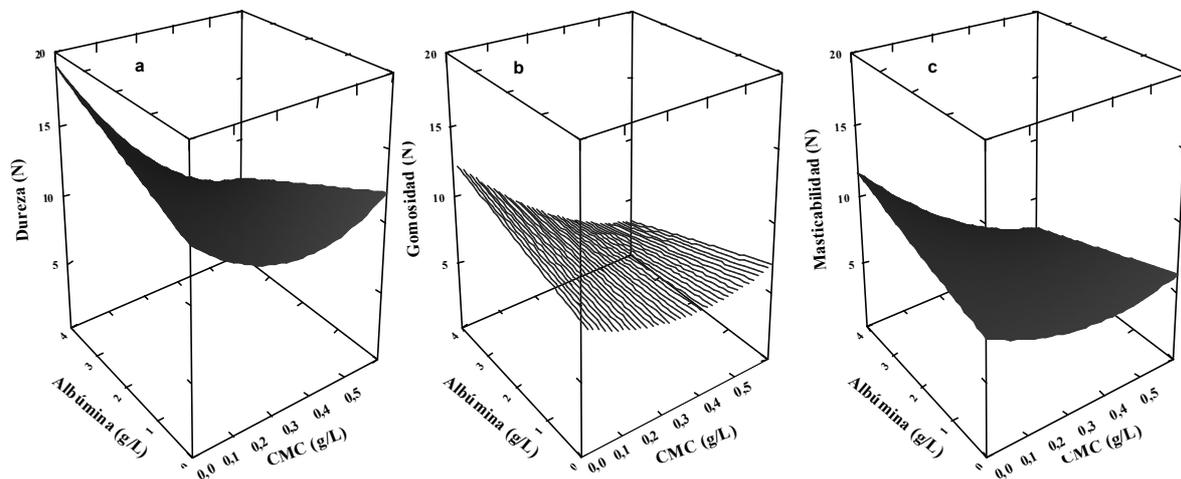


Figura 1: Superficie de respuesta obtenida para: a) dureza (N), b) gomosidad (N) y c) masticabilidad (N) en función de la concentración porcentual de carboximetilcelulosa (CMC) (g/L) y albúmina (g/L).

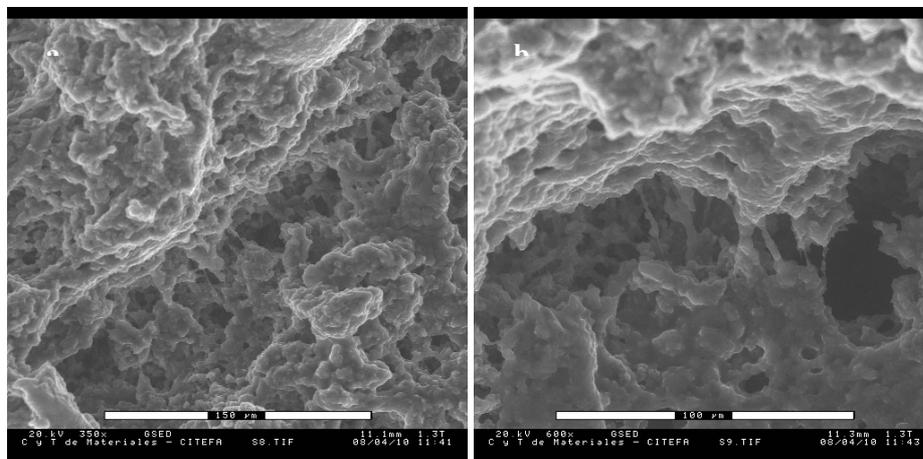


Figura 2: Micrografías obtenidas por ESEM de la emulsión cárnica formulada con el agregado de 0,25% de CMC y 4% de albúmina. a) barra = 150 μm; b) barra = 100 μm

Ninguno de los parámetros estudiados se vieron afectados por la cocción (3 min a 100 °C).

En la observación de las microestructuras de las distintas formulaciones pudo observarse, en todos los casos, una matriz proteica granular, con estructuras tipo gel, formada principalmente por proteínas cárnicas junto con proteínas no cárneas agregadas e hidrocoloides incorporados a la formulación. La **Figura 2** corresponde a las micrografías de muestras de salchichas formuladas con el agregado de 0,25% de CMC y 4% de albúmina.

Los atributos de color, textura y retención de agua y lípidos durante la cocción fueron adecuados para este tipo de alimentos cárneos, no existentes en el mercado.

CONCLUSIONES

Es posible elaborar salchichas de carne vacuna de bajo contenido lipídico y con adecuado balance en sus lípidos por incorporación de aceite vegetal con alto contenido de ácido oleico, logrando buenas propiedades funcionales mediante el agregado de hidrocoloides y proteínas de huevo en la formulación. Asimismo, los productos obtenidos presentaron elevados rendimientos en procesamiento, y adecuados parámetros de calidad (color, textura) siendo así una alternativa saludable para este tipo de alimentos cárneos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el soporte financiero provisto por: Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (ANPCyT), Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC 1980. Official methods of analysis. 13th ed. Washington,DC: Association of Official Analytical Chemists. 1018

Bourne, MC. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-66, 72.

Brennan JG, Bourne MC. 1994. Effect of lubrication on the compression behavior of cheese and frankfurters. *Journal of Texture Studies*, 25: 139-150.

FDA-CFSAN. 2003. U.S. Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition. Cook it safely. Disponible en: <http://www.foodsafety.gov/~acrobat/f99broch.pdf>. Acceso: 15 Mayo 2003.

Giboreau A, Cuvelier G, Launay B. 1994. Rheological behaviour of three biopolymer/water systems, with emphasis on yield stress and viscoelastic properties. *J Texture Studies* 25, 119.

Morin LA, Temelli F, McMullen L. 2004. Interactions between meat and barley (*Hordeum* spp.) β -glucan within a reduced-fat breakfast sausage system. *Meat Science*, 68: 419-430.

Su YK, Bowers JA, Zayas JF. 2000. Physical characteristics and microstructure of reduced-fat Frankfurters as affected by salt and emulsified fats stabilized with nonmeat proteins. *Journal of Food Science*, 65 (1), 123-128.

Tolstoguzov V. 1986. Functional properties of Protein-Polysaccharide Mixtures. En: J. R. Mitchell y D. A. Ledward editores. *Functional properties of food macromolecules* London y New York: Elsevier Applied Science Publishers. 385-415.

Wallingford L, Labuza TP. 1983. Evaluation of the water binding properties of food hydrocolloids by physical /chemical methods and in a low fat meat emulsion. *Journal of food science*, 48: 1-5.