

PÉRDIDAS POR COCCIÓN DE ROLLOS DE CARNE DE RES REESTRUCTURADA

Magdalena Ramos, Ramón Santos y Tatiana Beldarraín*

Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carr. al Guatao km 3 ½, C.P. 19 200, La Habana.

E-mail: marlen@iiaa.edu.cu

RESUMEN

Evaluar el efecto de diferentes métodos de cocción sobre las pérdidas de rollos de carne de res reestructurada, constituyó el objetivo del trabajo. Para su ejecución se prepararon templeas de 20 kg, las carnes fueron molidas por un disco pre cortador de tres orificios en forma de riñón y cuchilla de dos brazos. Los productos se elaboraron empleando tripolifosfato de sodio, sal común, ascorbato de sodio, la mezcla alginato de sodio-carbonato de calcio-ascorbato de sodio, ácido cítrico, aislado de soya y especias, que se combinaron para obtener seis variantes. Cada variante y el patrón de músculo intacto (boliche blanco y riñonada) fueron cocidos por freidura, con vapor, en horno de microondas y a calor seco, realizándose un total de seis réplicas. Para evaluar el efecto de los diferentes métodos de cocción sobre el rollo de carne de res reestructurada, se midieron las pérdidas por cocción y el porcentaje de encogimiento por freidura. Independientemente del ligante utilizado, los tratamientos térmicos en horno a vapor y freidura, fueron los que mejores resultados reportaron. Los otros ligantes empleados: carragenato de sodio, proteína aislada de soya y fécula de papa, más la adición de sal común y tripolifosfato de sodio, dieron lugar a productos reestructurados de mermas inferiores a sus patrones de músculo intacto, aunque siempre superiores a los productos obtenidos con sal común y tripolifosfato de sodio en sus dosis máximas.

Palabras clave: mermas, reestructurado, freidura, cocción, microondas, encogimiento.

ABSTRACT

Losses from cooking of restructured beef rolls

To evaluate the effect of different cooking methods on the losses of restructured beef rolls, was the objective of the work. For its execution were prepared temples of 20 kg, the meats were ground by a pre cutter disc of three orifices in the form of kidney and blade of two arms. The products were made using sodium tripolyphosphate, common salt, sodium ascorbate, the sodium alginate-calcium carbonate-sodium ascorbate mixture, citric acid, soy isolated and spices, which were combined to obtain six variants. Each variant and the pattern of intact muscle (white bowls and kidney) were fried, steamed, microwaved and dry heat, making a total of six replicates. In order to evaluate the effect of the different cooking methods on the restructured meat roll, the losses by cooking and the percentage of shrinkage by frying were measured.

Regardless of the binder used, the heat treatments in steam oven and frying were the best results reported. The other binders used: sodium carrageenan, isolated soy protein and potato starch, plus the addition of common salt and sodium tripolyphosphate, resulted in restructured products of losses lower than their intact muscle patterns, but always superior to the products obtained with common salt and sodium tripolyphosphate in their maximum doses.

Keywords: cooking losses, restructured, frying, cooking, microwave, shrinking.

INTRODUCCIÓN

La experiencia cubana en el desarrollo de los productos reestructurados, comenzó con la investigación teórica a partir de patentes, fotos de los productos y equipamiento, así como de los manuales y folletos adquiridos a través de la correspondencia establecida con los principales investigadores y productores de esta tecnología en el mundo, fundamentalmente Estados Unidos y Canadá. Como no se contaba con el producto reestructurado

Magdalena Ramos Sánchez: Doctora en Medicina Veterinaria (U.H. 1976). Investigador Auxiliar; Master en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (IFAL, 1998). Trabaja en la Dirección de Carne del IIIA. Sus principales líneas de trabajo son tecnología de productos curados tradicionales y de alto rendimiento, obtención y aprovechamiento de carne y subproductos del sacrificio animal de diferentes especies, tecnología de productos conformados, embutidos, marinados y reestructurados, y en el desarrollo de productos cárnicos, de pescado de agua dulce, a base de vegetales y cereales, conformados o no.

original, se llegó al mismo a través del modelaje de los cortes de carne de músculo intacto que es la razón de esta tecnología: Imitar cortes de carne fresca (1).

El empleo de esta tecnología está orientado a la obtención de un alimento listo para el consumo que simule un músculo intacto, lo cual no lo transforma en un reemplazo de los cortes musculares de alta calidad sino un medio para expandir productos cárnicos (2). Los aditivos empleados son comunes en la elaboración de productos cárnicos: sal común y fosfatos. La sal común tiene efectos positivos sobre la extracción de proteínas miofibrilares, el incremento de la ligazón, los rendimientos y el sabor. Sin embargo, su uso se ha asociado, también, con la decoloración del producto fresco, el desarrollo de rancidez oxidativa y con la hipertensión en consumidores susceptibles (3). El uso de proteínas exógenas y ligantes como sustitutos de la sal común ofrece un campo interesante para elaborar productos reestructurados económicos y de alta calidad. Con este fin se han utilizado alginato de sodio y carbonato de calcio, que permiten la unión de los trozos de carne a temperaturas de refrigeración (4, 5, 6), las proteínas vegetales como el aislado de soya y las gomas (7, 8, 9), así como la transglutaminasa para mejorar la gelificación (10, 11, 12, 13).

Resulta importante conocer, para esta línea de desarrollo de productos reestructurados, el comportamiento frente a diferentes métodos de cocción a los que se podrían someter como son la freidura, cocción por vapor, cocción en horno de microondas y cocción a calor seco. Evaluar el efecto de estos métodos de cocción sobre las pérdidas de rollos de carne de res reestructurada constituyó el objetivo del presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los rollos de carne son productos reestructurados de 60 mm de diámetro y 750 g de peso aproximadamente. Los ingredientes de las variantes se adicionaron en los porcentajes recomendados por la literatura consultada (14, 15) y mediante pruebas de observación realizadas, según muestra la Tabla 1.

Este producto pretende imitar un músculo intacto, por esta razón se utilizó la masa muscular externa de la pierna (cuarto trasero) que incluye los músculos *biceps femoris* (pierna), *semitendinosus* (boliche blanco) y *gastronemius* (sapo). Se seleccionaron estos músculos pues a pesar de ser carnes de primera son duras, de difícil comercialización (habitualmente esas carnes se muelen y se destinan para picadillo), por lo que la tecnología de reestructuración constituye una variante atractiva para la revalorización de las mismas.

Las materias primas cárnicas se sometieron a una limpieza extrema, eliminando todo el tejido conectivo visible, superficial e intermuscular (1, 8, 16), con el propósito de lograr un aspecto y composición lo más semejante al músculo. Como patrones se emplearon los músculos que normalmente se utilizan para elaborar carnes asadas (*roast beef*): boliche blanco (*semitendinosus*) y riñonada (*longissimus lumbaris*). Se seleccionaron estos dos músculos con el propósito de que el producto reestructurado a lograr se encontrara entre ambos en cuanto a sus características sensoriales y reológicas.

Se prepararon templas de 20 kg cada una. Las carnes se molieron por un disco pre cortador de tres orificios en forma de riñón de 6 x 4 x 2,5 cm y cuchilla de dos brazos.

Tabla 1. Porcentaje de adición de cada uno de los componentes de las variantes (n=6)

Ingrediente (%)	Variantes					
	I	II	III	IV	V	VI
Carne en trozos y agua	98,24	98,53	98,84	98,04	98,04	100,00
Cloruro y tripolifosfato de sodio	1,40	-	0,60	0,60	0,60	-
Ascorbato de sodio	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	-
Especias	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-
Alginato de sodio	-	0,85	-	-	-	-
Carbonato de calcio	-	0,16	-	-	-	-
Ácido cítrico	-	0,10	-	-	-	-
Carragenato de sodio	-	-	0,20	-	-	-
Aislado de soya	-	-	-	1,00	-	-
Fécula de papa	-	-	-	-	1,00	-

Luego se pesaron, se envasaron en bandejas plásticas y se cubrieron con una película de cloruro de polivinilo estirable (vitafilm). Se mantuvieron en refrigeración entre 0 y 2 °C, de manera que en el momento de su utilización todas tuvieran la misma temperatura inicial.

A la carne de las variantes I, III, IV y V (Tabla 1) se le adicionó el tripolifosfato de sodio diluido en parte del agua, se mezcló durante 1 min, luego la sal común, el ascorbato de sodio, las especias y el aditivo correspondiente hasta completar 5 min de mezclado (17). En el caso de la variante II, a la carne se le incorporó el ácido cítrico y se mezcló durante 1 min. Luego se agregó la mezcla alginato de sodio-carbonato de calcio-ascorbato de sodio, posteriormente las especias y por último el agua para lograr 5 min de mezclado (4). Mientras que a la materia prima cárnica de la variante IV se le incorporó el aislado de soya según las recomendaciones tecnológicas para la elaboración de productos reestructurados (18) y se mezcló durante un min, luego se continuó con el orden seleccionado (7, 19, 20). El mezclado se realizó en una mezcladora marca Imperator 20 tipo PKB, de 20 kg de capacidad a 100 rev⁻¹ tratando de que todos los ingredientes quedaran correctamente distribuidos.

Las variantes se embutieron en tripas de celulosa de 60 mm de diámetro en una embutidora al vacío de la firma alemana KS y se congelaron para el posterior tratamiento térmico con excepción de la variante II la cual se mantuvo en refrigeración (2 a 4 °C) durante 72 horas (los autores de la tecnología recomiendan entre 24 y 96 horas para lograr una adecuada gelificación) (4). Cada variante y el patrón de músculo intacto (bolicho blanco y riñonada) fueron cocidos utilizando los métodos seleccionados, realizando un total de seis réplicas para cada uno. A la variante II no se le aplicaron todos los métodos de cocción por el sistema de gelificación en frío que lleva.

Métodos de cocción empleados

Cocción a vapor: La cocción por este método se realizó en horno a vapor utilizando un tratamiento térmico escalonado. La temperatura se mantuvo a 50 °C por 30 min, luego se subió a 60 °C por 30 min. Al cabo de este tiempo se incrementó a 70 °C hasta que el producto alcanzara 65 °C en su centro para luego aumentarla

hasta 73 °C y lograr 70 °C en su interior. Esta temperatura es suficiente para lograr la total gelificación de las gomas y almidones incorporados al producto (21).

Cocción a calor seco: Tanto para este método como para la cocción a vapor, antes de comenzar el tratamiento térmico, las variantes y los patrones se mantuvieron en nevera de 8 a 10 °C durante 12 a 24 horas. Al cabo de este tiempo, a los productos se les retiró la tripa con la ayuda de un cuchillo. Una pieza de cada variante, el bolicho blanco y la riñonada, se colocaron en una bandeja metálica de forma perpendicular al largo de la misma. La cocción se realizó en una estufa (Gallenkamp Modelo OV 160) a temperatura constante de 100 °C hasta que los productos alcanzaron 70 °C en su centro (21).

Cocción en horno microondas: A los productos se les retiró la tripa con la ayuda de un cuchillo. Una pieza de cada variante se colocó, de forma perpendicular al largo del equipo, en la bandeja del mismo. La cocción se realizó utilizando un horno marca Panasonic siguiendo el régimen siguiente (22): descongelación con una intensidad baja (30 % de eficiencia del equipo) y un tiempo máximo de 10 min/lb. Cocción a 150-155 °C, con una intensidad media a alta (70 % de eficiencia del equipo), 12 min/lb máximo. Mantenimiento a temperatura ambiente, durante un tiempo máximo de 25 min, momento en que el producto alcanzó una temperatura interna de 70 °C.

Cocción por freidura: Para la freidura de las variantes, se picaron lonjas de 15 mm de espesor y un peso aproximado de 50 g que fueron obtenidas del producto en su estado crudo (semicongeladas a -4 °C). Se utilizó una plancha eléctrica de 1000 W de potencia con termostato acoplado manteniendo la temperatura a 250 °C. Sobre ella se colocó una sartén de 30 cm de diámetro que tenía grasa de cerdo recién fundida. Las lonjas se frieron en grupos de siete unidades a temperaturas entre 120 y 130 °C, durante 4 min por cada lado, tiempo necesario para que alcanzaran 70 °C en su interior (15, 23).

Estos métodos de cocción fueron seleccionados tomando en consideración que el cocinado de la carne fresca es uno de los aspectos menos conocidos en la ciencia de la carne y es de gran importancia ya que la selección de un tratamiento térmico inapropiado puede anular los

cambios efectuados en el producto. De igual forma el calor afecta el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares (el tejido conectivo se ablanda, las fibras musculares se hacen más duras) pudiendo de este modo influir significativamente en la dureza, jugosidad y sabor de la carne.

Evaluaciones físico-químicas

Para evaluar la calidad físico-química del producto crudo recién obtenido, se realizaron determinaciones de ceniza total (24), humedad (25), grasa (26), cloruro de sodio (27), proteína (28) y pH (29).

Para evaluar el efecto de los diferentes métodos de cocción sobre el rollo de carne de res reestructurada, se midieron las pérdidas por cocción y el porcentaje de encogimiento por freidura.

Pérdidas por cocción

Mermas por cocción: Para determinar las mermas en cocción, se tomaron los pesos de las piezas antes y después del tratamiento térmico y se calcularon a través de la siguiente expresión:

$$M. \text{ cocción} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Dónde: P₁: Peso de la muestra cruda, P₂: Peso de la muestra cocida.

Porcentaje de encogimiento: Se almacenaron las variantes a -4 °C durante 24 horas, al cabo de ese tiempo se picaron lonjas de 15 mm de espesor y se midió el diámetro de cada una cruda y luego de la freidura, donde r es el radio de la loncha.

Para el cálculo del área se utilizó la fórmula: Área = π r²

El porcentaje de encogimiento se halló de la siguiente manera:

$$\% \text{ encogimiento} = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100 \%$$

Dónde: A₁: Área de la muestra cruda, A₂: Área de la muestra cocida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los resultados de las evaluaciones físico-químicas realizadas a las variantes crudas. Como se puede observar la humedad entre ellas varía poco, encontrándose los valores entre 76 y 77 %, semejantes a los valores reportados (1) para filete reestructurado elaborado con músculos sometidos a una limpieza extrema. Los valores de proteína también se modificaron poco de una variante a la otra, todas mayores al 20 %; sin embargo, los valores más elevados correspondieron a la variante IV, a la que se le incorporó proteína aislada de soya, estos valores concuerdan con otros trabajos (21).

Tabla 2. Resultados de las evaluaciones físicas y químicas de las variantes crudas (n=6)

Variante	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	NaCl (%)	Cenizas (%)	pH
I	76,9 (0,1)	0,5 (0,1)	21,3 (0,3)	0,8 (0,1)	1,6 (0,1)	5,7 (0,1)
II	76,6 (0,2)	0,5 (0,2)	20,2 (0,2)	-	1,8 (0,2)	5,5 (0,2)
III	77,1 (0,1)	0,5 (0,2)	20,3 (0,1)	0,5 (0,2)	1,7 (0,1)	5,6 (0,2)
IV	76,7 (0,1)	0,5 (0,1)	21,8 (0,3)	0,4 (0,1)	1,8 (0,2)	5,7 (0,1)
V	76,5 (0,2)	0,5 (0,1)	20,0 (0,2)	0,5 (0,2)	1,6 (0,3)	5,5 (0,1)
VI	76,5 (0,1)	0,5 (0,2)	21,4 (0,1)	-	1,0 (0,1)	5,5 (0,2)
<i>Semitendinosus</i> *	75,1	2,9	22,1	-	-	-
<i>Longissimus dorsi (rib end)</i> *	73,4	5,0	22,3	-	-	-
<i>Longissimus dorsi (loin end)</i> *	72,4	5,6	21,4	-	-	-

*Según Browning y col., 1990

(s): Desviación estándar

I: Variante con sal común y tripolifosfato de sodio en sus dosis superiores.

II: Variante elaborada con la mezcla de alginato de sodio y carbonato de calcio.

III: Variante con carragenato de sodio y sal común-tripolifosfato de sodio en sus dosis inferiores.

IV: Variante elaborada con aislado de soya y sal común-tripolifosfato de sodio en sus dosis inferiores.

V: Variante elaborada con fécula de papa y sal común-tripolifosfato de sodio en sus dosis inferiores.

VI: Variante sin ligantes añadidos.

Las variantes se caracterizaron por su bajo porcentaje en grasa (0,5 %), diferentes de lo reportado por otros autores (30) para *Semitendinosus* y *Longissimus dorsi*. Esto podría atribuirse al pulido extremo a que se sometieron las materias primas cárnicas y a las características del ganado vacuno cubano. Estos resultados fueron semejantes a los obtenidos por otros investigadores (31) que informaron menores porcentajes de este parámetro al realizar una limpieza total, aunque los valores obtenidos por ellos fueron superiores a los alcanzados en este trabajo. Ya se habían señalado porcentajes de grasa tan bajos como los alcanzados en éste, al realizar un pulido extensivo de los músculos (1).

El porcentaje de cloruro entre las muestras varió de 0,4 a 0,8 en las variantes con sal común incorporada, correspondiendo el valor más elevado (0,8 %) al de la variante I, a la que se incorporó sal común y tripolifosfato de sodio en mayor cantidad.

Los valores de pH oscilaron entre 5,5 y 5,7. En todos los casos dentro del rango establecido en la literatura como óptimo para desarrollar las propiedades funcionales en la proteína cárnica, sólo la variante II mostró un pH ligeramente inferior, debido a la incorporación de ácido cítrico. Se ha observado que la gelificación es óptima a valores de pH entre 5,5 y 6,2. Si el pH es menor que 5,5 y mayor que 6,2 disminuye notablemente la capacidad funcional de las proteínas (32, 33). Este parámetro junto a la fuerza iónica del medio son elementos de fuerte repercusión en el desarrollo de la capacidad ligante entre las porciones cárnicas.

Las pérdidas por cocción se relacionan con el método de cocción, la temperatura de la cámara, la humedad relativa del medio, las dimensiones de la muestra y la temperatura interna del producto a cocer. La Tabla 3 presenta los resultados medios y las diferencias entre las variantes cocidas por cada tratamiento térmico. Se observa que las variantes cocinadas (con excepción de la II) a vapor tienen mermas inferiores que las obtenidas por el resto de los tratamientos, además de que las variantes I, III y V cocinadas por vapor fueron las que menores pérdidas por cocción tuvieron (9,69 %, 17,37 % y 16,51 % respectivamente), valores significativamente inferiores ($p < 0,05$) a los obtenidos por el resto de las variantes independientemente del método de cocción aplicado. Los menores valores de merma también difieren significativamente de las pérdidas evaporativas obtenidas por la riñonada cocida a vapor, calor seco o microondas.

Debido a que la cocción a vapor ocurrió en una cámara con elevada humedad las pérdidas de agua fueron menores, garantizándose de esta manera mermas inferiores. La variante I tuvo mermas significativamente inferiores ($p < 0,05$) que el resto de las variantes. La III y V tuvieron mermas inferiores que la IV, la VI y los patrones de músculo intacto: boliche (Bol) y riñonada (Riñ). Los bajos porcentajes de merma observados en la variante I podrían atribuirse al masaje y a los contenidos de sal común y fosfatos empleados en su elaboración (los mayores porcentajes). El cloruro de sodio y el tripolifosfato permiten una mayor extracción de las proteínas miofibrilares, esto genera el establecimiento de

Tabla 3. Resultados de las pérdidas por cocción (%) de las variantes (n=6)

Variante	Tratamientos térmicos aplicados			
	Vapor	Calor seco	Microondas	Freidura
I	9,69 _a	37,54 _{gh}	35,65 _{fg}	27,64 _e
III	17,37 _b	39,19 _{ghi}	38,70 _{gh}	29,74 _e
IV	22,61 _{cd}	39,53 _{ghi}	40,91 _{hij}	28,64 _e
V	16,51 _b	37,16 _{gh}	39,80 _{ghij}	31,40 _{ef}
VI	26,80 _{de}	44,07 _{ij}	52,58 _k	40,16 _{ghij}
Boliche	21,86 _c	30,74 _e	35,54 _{fg}	-
Riñonada	31,30 _{ef}	41,77 _{hij}	44,25 _j	-

Letras distintas significan diferencias significativas a $p < 0,05$

I: Variante con sal común y tripolifosfato de sodio en sus dosis superiores.

II: Variante elaborada con la mezcla de alginato de sodio y carbonato de calcio.

III: Variante con carragenato de sodio y sal común-tripolifosfato de sodio en sus dosis inferiores.

IV: Variante elaborada con aislado de soya y sal común-tripolifosfato de sodio en sus dosis inferiores.

V: Variante elaborada con fécula de papa y sal común-tripolifosfato de sodio en sus dosis inferiores.

VI: Variante sin ligantes añadidos.

una red tridimensional coherente, obteniéndose una estructura firme y estable (33). Además es importante recordar que al añadir sal común a la carne, se experimenta un aumento de la capacidad de retención de agua de la misma, que se debe al desplazamiento del punto isoeléctrico de las proteínas a valores inferiores al normal. Este efecto, combinado con la cooperación del tripolifosfato de sodio que también actúa aumentando el valor del pH, alejándolo del punto isoeléctrico de las proteínas, tiende a aflojar la red de proteínas miofibrilares que retiene el agua de la carne, ampliando el espacio en que esta agua está retenida y se evita, de esta manera, la exudación (34).

Aunque la proteína aislada de soya (variante IV) posee propiedades ligantes, lo cual trae aparejado una mayor capacidad de retención de agua, en nuestro estudio, las mermas obtenidas en esta variante fueron superiores a las obtenidas con las variantes I, III y V. Estas mermas, ligeramente superiores con aislado de soya incorporado, nos indicaron las ventajas de los polisacáridos, ya sean de bajo o alto peso molecular en su capacidad para retener agua (35). La variante elaborada con aislado de soya, sin embargo, alcanzó porcentajes de merma, semejantes a su patrón de músculo intacto riñonada.

Al cocinar las variantes a calor seco se obtuvieron los resultados que se muestran. Como se puede observar, debido al tratamiento a que se someten, las mermas son mayores que las obtenidas en el método anterior.

Las variantes I y V tuvieron rendimientos superiores significativamente diferentes ($p < 0,05$) que la variante VI a la que no se le adicionó ningún aditivo.

Contrariamente a lo esperado, el boliche tuvo pérdidas evaporativas significativamente inferiores a todas las variantes. La riñonada como músculo intacto presentó mermas inferiores solo en el tratamiento térmico con vapor.

La energía radiante que transmite el horno microondas a las variantes cocinadas, reduce el tiempo necesario en la elaboración del producto por lo que las mermas teóricas a obtener debieron ser menores que en los dos tratamientos anteriormente descritos. Los resultados obtenidos por la cocción en microondas fluctuaron entre un 35 % (variante I) y un 52,58 % (para la variante VI). Las variantes I, III y V fueron las de menores mermas, iguales entre sí y diferentes significativamente a la VI ($p < 0,05$).

Los valores de merma para el boliche blanco y la riñonada inferiores a las pérdidas de las variantes, fue un resultado inesperado. Varios autores informan que el músculo intacto debe presentar mermas superiores incluso que las obtenidas por la variante sin aditivos añadidos debido a que ésta se somete a un tratamiento mecánico por lo que la extracción de proteínas para formar la red tridimensional que retiene el agua debe ser mayor que la del músculo intacto (32, 33). En el boliche blanco, las mermas fueron significativamente inferiores a las obtenidas de la variante VI y de la riñonada, comparables con las de las variantes I, III y V.

La cocción a la plancha es el proceso que más se reporta en la literatura a la hora de elaborar los bistecs reestructurados y medir las pérdidas por cocción (15, 17), sin embargo, los cubanos tenemos la tendencia a consumirlos fritos.

Tanto la proteína como la grasa se ven afectadas por la operación de cocción, sin embargo, como mismo sucede con la humedad, la grasa se pierde tras el tratamiento térmico en proporción a la intensidad y a la duración del proceso. Esta pérdida de grasa ocurre incluso al freírla sumergida, por lo que la reducción de peso de las lascas debido a la salida del agua y la grasa pueden ser apreciables. Las pérdidas por cocción de las variantes fritas fue superior en la variante VI, que no tiene aditivos incorporados, manteniéndose el resto entre 25 y 30 %, porcentajes semejantes a lo reportado por otros autores en filete de res (1) e inferiores a las mermas anteriormente informadas (7) para *roast beef*, ambas en cocción con aire seco. Las variantes I, III, IV y V tuvieron pérdidas semejantes ($p < 0,05$) y significativamente diferentes de la variante VI, en la cual la extracción de las proteínas sólo se favorece por el tratamiento mecánico a que se somete. Es importante establecer el tipo de tratamiento térmico según el producto que se vaya a elaborar, ya que los bajos rendimientos traen como consecuencia un aumento en los costos de producción.

Las mermas en las variantes, ligeramente elevadas en algunos tratamientos térmicos estudiados, pudieran estar dadas por el porcentaje de agua añadida. El agua es un ingrediente que además de favorecer la distribución de los aditivos incorporados influye en la disminución de las mermas, siempre y cuando el sistema cárnico

formado posea un pH adecuado y una fuerza iónica lo suficientemente elevada como para retener la misma. Cuando estas condiciones no son propicias o son ineficientes, el agua añadida se pierde durante la cocción junto con la propia del músculo, de ahí que, en ocasiones las mermas, en lugar de ser inferiores se incrementen, con respecto a ciertos cortes de músculo intacto tal y como ocurrió con el boliche blanco (músculo *Semitendinosus*).

La Tabla 4 muestra los porcentajes de encogimiento alcanzados en el tratamiento por freidura. Como se puede observar las variantes I, II y IV fueron las que presentaron menores cambios estructurales. Las variantes III, V y VI resultaron significativamente diferentes ($p < 0,05$) a las primeras, aunque entre ellas no se encontraron diferencias significativas. Los menores encogimientos alcanzados en la variante I (sal común-tripolifosfato de sodio) pudieron estar dados por el porcentaje de fosfato empleado en esta variante que evita el encogimiento, o al menos lo reduce (1, 15, 17, 34).

La variante IV aunque tiene sal común y tripolifosfato de sodio en su formulación, también posee proteína aislada de soya la cual incrementó su capacidad ligante y retenedora de agua, de forma similar a como ocurre en los productos cuando se eleva el porcentaje de sal común de 0,1 a 1 % lo cual que permite una reducción de las mermas en cocción, y repercute en la disminución de los cambios estructurales en el producto.

La adición de alginato de sodio-carbonato de calcio, producto del sistema de co-gelificación que forman y que dan lugar a una estructura tridimensional, favorece la reducción del porcentaje de encogimiento de los productos desarrollados mediante este mecanismo.

Los polisacáridos de alto y bajo peso molecular como el carragenato de sodio y la fécula de papa, no aportan una estructura adecuada como para evitar los cambios estructurales durante la cocción (al menos en las dosis empleadas en este estudio). Estos resultados se corroboran ya que la variante VI, sin aditivos (producto reestructurado patrón) mostró porcentajes de encogimiento similares a los alcanzados en las variantes III y V. Parece ser que las fuerzas que permiten la unión de estos polisacáridos con las proteínas no son lo suficientemente fuertes como para impedir que durante el tratamiento térmico esta estructura se pierda. De ahí que sea necesario un gran número de interacciones que permitan obtener una estructura firme en la formación del gel del polisacárido (1).

Estos resultados nos indican que de los ligantes aplicados, la combinación de la sal común-tripolifosfato de sodio (en sus dosis superiores), la mezcla de alginato de sodio-carbonato de calcio así como la unión de proteína aislada de soya con sal y tripolifosfato de sodio en sus dosis mínimas, son los ingredientes que permiten una reducción menor en las dimensiones de los rollos de carne para asar, lo cual resulta beneficioso desde el punto de vista de la calidad de la porción y su valor económico.

Tabla 4. Resultados de los porcentajes de encogimiento (n=6)

Variante	Media
I	11,30 ab
II	13,36 b
III	17,53 c
IV	10,80 a
V	17,25 c
VI	18,99 c

Letras diferentes significan diferencias significativas a $p < 0,05$

I: variante con sal común y tripolifosfato de sodio en sus dosis superiores.

II: Variante elaborada con la mezcla de alginato de sodio y carbonato de calcio.

III: variante elaborada con carragenato de sodio y sal común-tripolifosfato de sodio en sus dosis inferiores.

IV: variante elaborada con aislado de soya y sal común-tripolifosfato de sodio en sus dosis inferiores.

V: variante elaborada con fécula de papa y sal común-tripolifosfato de sodio en sus dosis inferiores.

VI: variante sin ligantes añadidos.

CONCLUSIONES

Independientemente del ligante utilizado, los tratamientos térmicos en horno a vapor y freidura, fueron los que mejores resultados reportaron en los porcentajes de merma. Los otros ligantes empleados: carragenato de sodio, proteína aislada de soya y fécula de papa, más la adición de sal común y tripolifosfato de sodio, dieron lugar a productos reestructurados de mermas inferiores a sus patrones de músculo intacto, aunque con características inferiores a los productos obtenidos con sal común y tripolifosfato de sodio en sus dosis máximas.

De los ligantes empleados, la combinación sal común-tripolifosfato de sodio, alginato de sodio-carbonato de calcio así como la unión de la proteína aislada de soya con sal común y tripolifosfato de sodio en sus dosis mínimas, fueron las que permitieron un menor encogimiento de las lascas de rollos reestructurados. Las variantes desarrolladas presentaron una buena calidad físico-química. Sus características se encontraron dentro de los parámetros de composición de los patrones de músculo intacto.

REFERENCIAS

1. Ramos, M. *Desarrollo de una tecnología para elaborar filete reestructurado* (tesis de maestría, Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba) 1998.
2. Bigatti, M.; García-Arias, M.F.; Irurueta, M. y Carduza, F. *La Industria Cárnica Latinoamericana* 135:30-32, 2005.
3. Gelabert, J.; Gou, P. y Arnau, J. *Eurocarne* 62:17-22, 1997.
4. Means, W.J. y Schmidt, G.R. *J. Food Sci.* 51:60-67, 1986.
5. Ramasamy, G.; Sharma, B. D.; Sharma, H. y Talukder, S. *J. Food Process. Technol.* 5:366-369, 2014.
6. Gurikar, A.M.; Lakshmanan, V.; Gadekar, Y.P.; Sharma, B.D. y Anjaneyulu, A.S. *J. Food Sci. Technol.* 51(7):1363-1369, 2014.
7. Ramos, M.; Beldarraín, T.; Santos, R. y García, J. *Tecnología de elaboración de carne reestructurada*. La Habana, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, 1996, p. 72.
8. Ramos, M.; Beldarraín, T.; Santos, R.; Leyva, A. y Nuñez de Villavicencio, M. *La Industria Cárnica Latinoamericana* 130:28-32, 2003.
9. Ramos, M.; Beldarraín, T.; Santos, R.; Casals, C.; Nuñez de Villavicencio, M. y Leyva, A. *Alimentaria* 341:85-88, 2003.
10. Martínez, M.A.; Velázquez de la Cruz, G. y Ramírez de León, J.R. *Elaboración de un reestructurado tipo jamón a partir de jaiba azul*. Memorias del XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Guanajato, México, 2010.
11. Vigo, C. *Características físico-químicas de un reestructurado de carne de alpaca (vicugna pacos) con inclusión de pecana (carya illinoensis) y transglutaminasa*. (tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Lima, Perú) 2014.
12. Huevo, A. R. e Hidalgo, J. *Utilización de la enzima transglutaminasa para la elaboración de un producto reestructurado de tilapia gris (Oreochromis niloticus)*. (tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras) 2015.
13. Rodríguez, G. *Producción biotecnológica de transglutaminasa microbiana a partir de hidrolizados de sorgo y maíz y su aplicación en reestructurados cárnicos y pesqueros* (tesis doctoral, Instituto Politécnico Nacional (CICATA-IPN), Unidad Altamira, Tamaulipas, México) 2013.
14. Beldarraín, T. *Efecto de diferentes ligantes sobre la calidad de rollos de carne reestructurada* (tesis de especialidad, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, La Habana, Cuba) 1999.
15. Beldarraín, T. *Desarrollo de rollos de carne reestructurada económico y duradero* (tesis de maestría, Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba) 2006.
16. Ramos, M.; Beldarraín, T.; García, J.; Casals, C. y Leyva, A. *Alimentaria* 341:79-84, 2003.
17. Ramos, M. y Beldarraín, T. *Manual de elaboración de productos cárnicos reestructurados. Manual FAO*. La Habana, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, 2005, pp 32.
18. Hoogemkamp, H. W. *Vegetable protein. Technology value in meat, poultry and vegetarian foods*. St. Louis, Protein Tech. International, Inc., 1992, pp. 90-102.
19. Mompierre, A. *Factores que afectan algunas características de la carne reestructurada* (tesis de grado, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", La Habana, Cuba) 1994, p. 65.
20. Ramos, M.; García, J.; Casals, C. y Leyva, A. *Alimentaria* 292:19-22, 1998.

21. Prado, R. *Elaboración de un rollo de cerdo reestructurado* (tesis de grado, Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba) 2009.
22. Anón. Microwave cooking guide. Panasonic Company, 2005.
23. Santos, R.; González, J. y Andújar, G. *Alimentaria* 249:31-34, 1994.
24. NC ISO 936. *Carne y productos cárnicos. Determinación de ceniza total*. Cuba, 2006.
25. NC ISO 1442. *Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de humedad: método de referencia*. Cuba, 2002.
26. NC-ISO 1443. *Carne y productos cárnicos—determinación del contenido de grasa total*. Cuba, 2004.
27. NC-ISO 1841-1. *Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de cloruro — parte 1: método de Volhard*. Cuba, 2004.
28. NC-ISO 937. *Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de nitrógeno. Método de referencia*. Cuba, 2006.
29. NC-ISO 2917. *Carne y productos cárnicos. Medición del pH*. Cuba, 2004.
30. Browning, M. A.; Huffman, D. L. y Egbert, W. R., *J. Food Sci.* 55:9-13, 1990.
31. Liu, C.; Hoffman, D.; Egbert, W. y Lin, M. J. *J. Food Sci.* 55:1258-1260, 1990.
32. Cambero, M. I.; López, M. O.; García de Fernando, G. D.; Hoz, L. y Ordoñez, J. A. *Revista Agroquímica y Tecnología de los Alimentos* 31:447-451, 1991.
33. Cambero, M. I.; López, M. O.; Hoz, L. y Ordoñez, J. A. *Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos* 31:293-298, 1991.
34. Andújar, G.; Guerra, M. A. y Santos, R. *La utilización de extensores cárnicos. Experiencia en la Industria Cárnica Cubana*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, La Habana, 2000.
35. Andújar, G.; Pérez, D. y Venegas, O. *Química y Bioquímica de la Carne*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, La Habana, 2004.