

Artículo Original / Original Article

Efecto de los procesos de congelación y descongelación sobre los almidones en un alimento a base de maíz

Effect of the freezing and thawing processes on starches in a corn-based food

RESUMEN

Se decidió estudiar el efecto que la cocción y el congelamiento sucesivos tiene sobre contenido de almidones y el índice glicémico (IG) de un alimento a base de harina de maíz (bollo). Se elaboró el alimento y se sometió congelamiento y cocción un par de veces. El contenido de almidones se comparó con el de la harina de maíz pre-cocida y se encontraron diferencias significativas ($F= 5,84$; $p= 0,005$), con un incremento importante del contenido de almidón resistente debido a los tratamientos térmicos. Se elaboraron curvas de glicemia a una muestra de individuos sanos, a los que se dio a consumir el alimento sometido a los diferentes tratamientos y pan integral. Se encontraron diferencias significativas ($F= 4,21$; $p= 0,034$) y un IG de 67,9 para el bollo sometido a tres procesos de cocción y dos congelamientos. Indicativo de que los procesos térmicos provocaron la aparición de una proporción de almidón retrogradado equivalente a fibra dietética que puede ser beneficioso para el organismo.

Palabras clave: Almidones resistentes; Harina de Maíz; Índice glicémico; Fibra dietética; Bollos hervidos.

ABSTRACT

We studied the effect that subsequent cooking and freezing has on the starch content and the glycemic index (GI) of a corn flour-based food (bun). The food was made and exposed to cooking and freezing a couple of times. The starch content was compared with that of precooked corn flour and significant differences were found ($F= 5.84$; $p= 0.005$), with an important increase in the retrograded starch content due to thermic treatments. Glycemic response curves were conducted for a sample of healthy individuals, who consumed the food submitted to the treatments and wholegrain bread. Significant differences were found ($F= 4.21$; $p= 0.034$) and a GI of 67.9 for the bun submitted to three cooking and two freezing processes. Results suggest that the thermic treatments induced the appearance of a retrograded starch proportion equivalent to dietary fiber which could be beneficial for the body.

Key words: Resistant starches; Corn meal; Glycemic index; Dietary fiber; Boiled bun.

Luis Ojeda^{1,2}, María Claramonte^{1,3}, Jessica Rey¹, Carla Trestini¹, Mariana Useche¹, Nalfy Zambrano¹, Mónica Rodríguez¹, Ingrid Velásquez^{1,4}, Nirza Noguera-Machado^{1,5}.

1. Instituto de Investigaciones Biomédicas Francisco Javier Triana Alonso, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Maracay, Venezuela.
2. Departamento de Fisiología y Bioquímica, Escuela de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Maracay, Venezuela.
3. Departamento de Fisiopatología y Farmacología, Escuela de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Maracay, Venezuela.
4. Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.
5. Departamento de Ciencias Básicas, Escuela de Bioanálisis, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Maracay, Venezuela.

Dirigir correspondencia a: Luis Ojeda. Departamento de Fisiología y Bioquímica, Escuela de Medicina Facultad de Ciencias de la Salud. Investigador del Instituto de Ciencias Biomédicas "Dr. Francisco Javier Triana Alonso". Universidad de Carabobo. Maracay-Venezuela. Tel: +582432425333. E.mail: lojeda2@uc.edu.ve

Este trabajo fue recibido el 29 de septiembre de 2017.

Acceptado con modificaciones: 09 de marzo de 2018.

Acceptado para ser publicado: 06 de julio de 2018.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos ricos en carbohidratos, como lo son los cereales, además de proporcionar energía fácilmente aprovechable para el metabolismo oxidativo (en forma de almidones), son importantes para el mantenimiento de la homeostasis glicémica, así como para la integridad y función gastrointestinal¹. Los carbohidratos también son indispensables para el cerebro (órgano que depende exclusivamente de este nutriente) y para aquellas células que requieren de la glicólisis anaeróbica como los glóbulos rojos, glóbulos blancos y células de la médula o riñón². Sin embargo, el consumo excesivo de alimentos ricos en hidratos de carbono, como parte de dietas hiper-calóricas, impacta negativamente sobre la salud de las poblaciones, provocando

el incremento de enfermedades como la obesidad, síndrome metabólico y diabetes tipo II. En Venezuela, según datos del Instituto Nacional de Nutrición (INN), para el año 2012 la prevalencia de malnutrición por exceso de peso era de 55,95%, correspondiente a un grupo etario entre 18 y 40 años, de los cuales 29,52% correspondía a sobrepeso, 23,65% a obesidad y 1,78% a obesidad mórbida³. Los cereales también poseen en su composición carbohidratos insolubles que son fermentados por la microbiota del colon. Ese numeroso grupo de moléculas recibe el nombre de fibra dietética (FD).

Investigadores en el campo de la nutrición, recomiendan que la dosis diaria de FD sea de 28 g/día para las mujeres y 36 g/día para los hombres, puesto que con éstos valores observaron mayor protección de los pacientes a enfermedades cardiovasculares⁴. Estudios sobre los beneficios de la FD recomiendan la sustitución de los alimentos ricos en almidones (harinas refinadas) por alimentos integrales (ricos en fibra), así como la promoción en el consumo de frutas y hortalizas. Sin embargo, debido a la dinámica diaria de una gran parte de la población productiva, las personas no ingieren alimentos frescos, ni ricos en fibra y por el contrario es muy común que ingieran alimentos preparados que son sometidos a congelación (para conservarlos) y un calentamiento antes de consumirlo.

Estos procesos de congelamiento y posterior cocción, ocasionan cambios en los alimentos que modifican su aspecto y valor nutricional. Específicamente, el congelamiento genera cambios en lo que respecta al color (debido probablemente a la ruptura de cloroplastos y cromoplastos celulares, también asociado con la pérdida de vitaminas), la humedad (debido a que su superficie está expuesta al calor y existe un gradiente de humedad con el ambiente, dentro del mismo congelador), densidad (por cambios debido a la absorción de agua) y la textura del alimento (debido a cambios estructurales que suceden en los diferentes alimentos por el cambio de estado, la fracción de agua congelada, el rompimiento celular y las características particulares de cada alimento)⁵. En Venezuela está reportado un estudio donde se evaluaron la incorporación de salvado de arroz en la preparación de arepas y el efecto de la congelación sobre la aceptabilidad de las mismas. Ellos no observaron diferencias significativas en el nivel de agrado de las diferentes combinaciones (HMP-salvado de arroz) y demostraron que la incorporación de este producto favorece la concentración final de fibra en el alimento⁶. Por otra parte, el proceso de cocción posterior al congelamiento, ocasiona cambios en los componentes químicos contenidos en las diferentes estructuras, que pueden afectar en mayor o menor medida el valor nutricional del alimento en cuestión.

Por ejemplo, uno de los productos que se forma por efecto de las altas temperaturas de cocción, en alimentos ricos en hidratos de carbono, son los almidones resistentes (AR), los cuales reciben este nombre debido a que una vez ingeridos resisten la hidrólisis de las enzimas digestivas. El aumento en la concentración de los AR en los alimentos

recalentados podría deberse a que algunas interacciones intra-moleculares entre los diferentes tipos de almidones (durante tratamientos de calor y humedad) pueden mantenerse después de la gelatinización, restringiendo en parte el acceso de las cadenas de almidón a las enzimas hidrolíticas⁷. Por esta razón es que la glucosa que contienen, no es absorbida por el intestino delgado lo que conlleva a una reducción del índice glicémico (IG) del alimento⁸.

Esta desventaja desde el punto de vista nutricional puede tener beneficios para la salud, ya que los AR pueden ser considerados como un tipo de FD^{9,10}. Los AR al ser ingeridos son fermentados al igual que otras fibras dietéticas. Esta fermentación puede tener implicaciones fisiológicas positivas tales como la producción de ácidos grasos de cadena corta como butirato, propionato y acetato, que son el principal combustible de los colonocitos¹¹. Ellos incrementan el flujo de sangre colónica, disminución del pH del colon, incrementan la excreción de ácidos biliares que ayudan a prevenir el desarrollo de células anormales en el colon^{12,13}. Adicionalmente favorecen el aumento de la cantidad de masa fecal que puede prevenir la diverticulosis y otros desordenes asociados con las hemorroides^{14,15}. En el metabolismo el consumo de los AR está asociado con la disminución de la respuesta de la glucosa en sangre¹⁶ y han mostrado efecto hipocolesterolemicos¹⁷.

En vista de la importancia que tiene la FD para la salud y el alto consumo de almidones en la dieta del venezolano, se propuso en este estudio demostrar que los tratamientos habitualmente usados para conservar (congelamiento) y calentar los alimentos pueden disminuir el IG de un alimento preparado a base de harina pre-cocida de maíz aumentando la proporción de AR que son considerados como una FD.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra

La muestra estuvo conformada por 10 individuos clínicamente sanos, pertenecientes al sexo femenino y con edades comprendidas entre 21 y 23 años. Las variables antropométricas utilizadas como criterios de inclusión fueron peso, talla e índice de masa corporal (IMC), calculado a partir de los dos primeros (Tabla 2). Se excluyeron aquellos individuos con historia actual de diabetes mellitus, dislipidemias, hipertensión arterial, embarazo, y quienes se encontraban bajo tratamiento farmacológico con antiinflamatorios no esteroideos, esteroides, hipoglicemiantes orales, anticonceptivos orales, estatinas, antihistamínicos, multivitamínicos, entre otros. Los sujetos leyeron y firmaron un consentimiento con información escrita acerca del protocolo, de acuerdo a lo establecido por el Comité de Bioética del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad de Carabobo (Maracay-Venezuela).

Materia prima y preparación del alimento

Se trabajó con harina de maíz pre-cocida (HMP) marca PAN[®] obtenida en comercios locales, con la siguiente composición nutricional: azúcares 0%, FD 15%, carbohidratos

totales 25%, proteínas 10%, grasa total 2% y colesterol 0%. El alimento seleccionado para llevar a cabo esta investigación fue el "bollo", el cual es una forma de preparación de la HMP típica en la gastronomía venezolana. Para su elaboración se adicionaron 700 g de HMP en un litro de agua a temperatura ambiente mezclando manualmente hasta obtener una mezcla consistente. Se tomaron porciones de la mezcla y se le dio una forma cilíndrica alargada y se colocaron en agua hirviendo (100 °C), durante 15 minutos para su cocción. Posterior a la cocción se extrajeron del agua y se separaron en 3 grupos, los que se consumirían ese mismo día (TRAT-1) y los que serían almacenados a -4 °C durante 7 días (TRAT-2) y 14 días (TRAT-3), tal como se especifica en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los diferentes procesos a los que fue sometido el alimento.

TRATAMIENTO	PROCESO
TRAT-1	Cocción a 100 °C por 15 min
TRAT-2	TRAT-1 Congelación 7 días a -4 °C Cocción a 100 °C por 10 min
TRAT-3	TRAT-2 Congelación 7 días a -4 °C Cocción a 100 °C por 10 min

Contenido de almidones del alimento

El contenido de almidón total se determinó por el método de hidrólisis enzimática, descrito por Goñi et al.¹⁸, Para los almidones resistentes, se siguió la metodología descrita por Goñi et al.¹⁹, Todas las determinaciones se realizaron por triplicado. La cantidad de almidón disponible fue calculado por diferencia.

Determinación del índice glicémico

El experimento se desarrolló en un lapso de 5 semanas. Durante la primera semana a los 10 sujetos pertenecientes a la muestra, se les practicaron las curvas de tolerancia glucosada, después del consumo de 50g de pan blanco, el cual fue tomado como un alimento de referencia. Las siguientes tres semanas a los individuos se les dio a consumir los bollos (50g), sometidos a los diferentes tratamientos, con un orden cronológico (TRAT-1 en la semana 2, TRAT-2 en la semana 3, TRAT-3 en la semana 4) y se les realizaron las curvas de tolerancia glucosada. La última semana, se les suministró pan integral a los individuos para realizarle las curvas de tolerancia.

Durante los ensayos, se les tomó la glicemia basal y el alimento fue consumido entre 10 a 12 min después. Se permitió la ingesta de agua con un máximo de 250 ml. Se tomaron muestras de sangre capilar con lancetas (Accu-check Softclix, Roche Diagnostics, España). Después de la ingesta del alimento, se tomaron muestras de sangre a intervalos de 15 min

hasta alcanzar el valor basal. Para este fin se utilizaron tiras reactivas, las cuales fueron procesadas en un equipo analizador de glucosa (Optium-ABBOTT). Con las concentraciones de glucosa, expresadas como mg/dl, se determinó el área bajo la curva (ABC), calculada con los valores por encima de la línea de base posterior a la ingesta del alimento²⁰.

Análisis Estadístico

Los datos se presentan como el promedio de las variables \pm la desviación estándar. Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza donde hubo diferencia significativa se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey, previa comprobación de los supuestos de normalidad de los residuales y homocedasticidad o igualdad de varianzas de los tratamientos. Para verificar la normalidad de los residuales, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk y para la evaluación de la homocedasticidad, las pruebas de Bartlett y Levene. En el caso de la determinación de la glicemia, cada paciente fue tomado como una repetición de los diferentes tratamientos, se utilizó el programa Minitab versión 2.0.

RESULTADOS

Para todos los análisis se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad. No se encontraron datos atípicos en la muestra. La descripción del grupo de estudio, se resume en la Tabla 2.

Tabla 2. Características e indicadores bioquímicos de ingreso de los participantes en el estudio de índice glicémico.

No de sujetos	10
Sexo	Femenino
Edad (Años)	22,6 \pm 1,0
Peso (Kg)	53,5 \pm 8,6
Talla (m)	1,5 \pm 0,1
Índice de masa corporal (Kg/m ²)	20,85 \pm 2,3
Glicemia Basal (mg/dl)	96,2 \pm 2,9

Contenido de almidones

El contenido de almidones totales, resistentes y asimilables presentes en el alimento, sometido a los diferentes tratamientos, son resumidos en la tabla 3. También se determinaron estos contenidos para la HMP como valores de referencia (control positivo). Se observó una diferencia significativa entre los tratamientos y dicho control ($F= 5,84$; $p= 0,005$), pero no entre los tratamientos. Sin embargo, matemáticamente se puede observar que el contenido promedio de almidón resistente, se incrementó con el número de procesos térmicos (cocción-congelamiento) asociados a los tratamientos. Este cambio químico en la estructura de los componentes del bollo, incidió directamente en el contenido de almidones disponibles de dicho alimento.

Tabla 3. Análisis del contenido de almidones de las muestras en estudio.

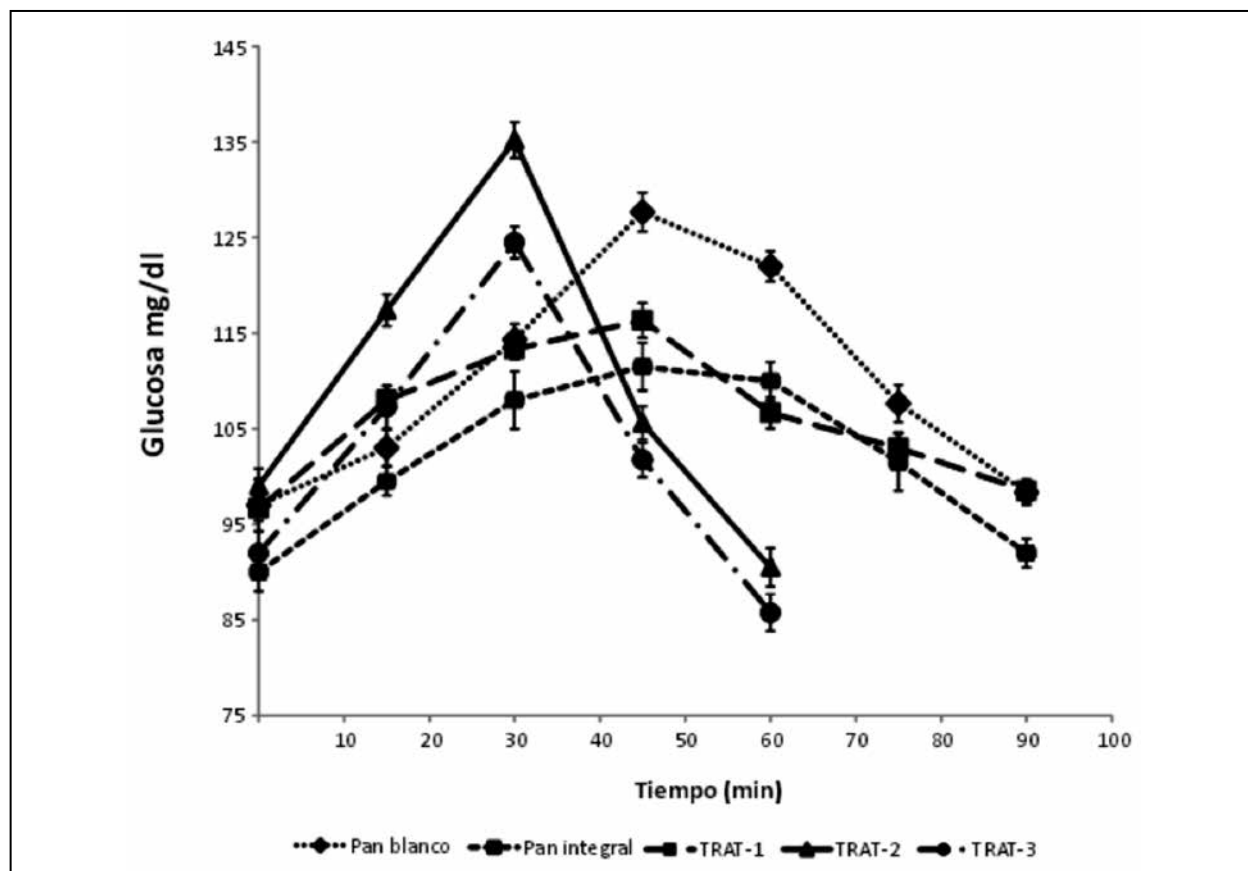
Análisis (g/100 g)	Harina de maíz	TRAT-1	TRAT-2	TRAT-3
Almidón Total	92,4 ± 0,2 ^a	90,1 ± 0,2 ^b	89,7 ± 0,3 ^b	88,8 ± 0,1 ^b
Almidón Resistente	26,3 ± 0,5 ^a	33,8 ± 0,5 ^b	38,3 ± 0,2 ^b	42,1 ± 0,8 ^b
Almidón Disponible	66,1 ± 0,9 ^a	56,3 ± 0,4 ^b	51,5 ± 0,2 ^b	46,8 ± 0,2 ^b

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas para un $p < 0,05$

Determinación del índice glicémico

En la figura 1, se representaron las curvas de absorción de la glucosa en sangre de los individuos pertenecientes a la muestra, promediados de acuerdo al tipo de alimento consumido (pan blanco, pan integral, bollos tratados). Se puede observar que el comportamiento de la glucosa capilar recolectada para los tres tratamientos fue diferente, lo que sugiere que ocurrió una reorganización molecular de sus almidones por efecto del almacenamiento y posterior

calentamiento. El pan blanco, el TRAT-1 y el pan integral, fueron los que tardaron más en regresar al nivel basal cerca de los 105 minutos. A pesar de que el TRAT-2 alcanzó una concentración máxima de glicemia superior a la del pan blanco y que el TRAT-1, se observó que su retorno al nivel basal ocurrió más rápido (60 min). Por otra parte, con el TRAT-3 el máximo de glicemia fue inferior a la que se alcanzó con el pan blanco y los otros sistemas; sin embargo, el regreso al nivel basal ocurrió en el mismo tiempo que con el TRAT-2.

**Figura 1.** Disponibilidad de glucosa capilar durante el proceso de digestión de las diferentes muestras del estudio.

Las áreas bajo las curvas permitieron calcular el índice glicémico de cada uno de los tratamientos. Los datos fueron agrupados y recibieron un análisis descriptivo que permitió conocer cómo fue el efecto de los tratamientos sobre el índice glicémico (Tabla 4). El ANOVA demostró y se encontró que había diferencias significativas entre los tratamientos ($F= 4,21$; $p= 0,034$).

Tabla 4. Índice glicémico aportado por los diferentes tratamientos y el pan integral.

	IG
TRAT-1	86,0 ± 6,5 ^a
TRAT-2	73,4 ± 7,4 ^{ab}
TRAT-3	67,9 ± 8,7 ^b
Pan integral	70,3 ± 7,3 ^b

Niveles con igual letra de agrupación no presentan diferencias estadísticamente significativas para un $p < 0,05$. IG índice glicémico.

DISCUSIÓN

Los resultados sugieren que al someter un alimento, con una concentración baja de FD y rico en almidones solubles, a diferentes pasos de cocción y congelación, esa relación cambia y se puede obtener un alimento con efectos similares a uno integral a nivel de la digestibilidad y asimilación de la glucosa.

Los cambios observados en el porcentaje de almidones presentes en los bollos, están asociados con la naturaleza del tipo almidón que posee el maíz. En este cereal la relación amilosa/amilopectina es de aproximadamente 25/75²¹, y juega un papel importante durante los procesos de gelación y posterior retrogradación (cristalización de geles) de los almidones presentes en el granulo²². Estos almidones se vuelven más rígidos durante el tratamiento a temperaturas más altas, posiblemente debido a una reorganización entre la amilosa y la amilopectina²³. Singh et al²⁴, demostraron que los geles de almidón sufrían retrogradación a largo plazo debido a la fracción de amilopectina, ese fenómeno lo atribuyeron a la magnitud de sus estructuras. Los cristales que se forman en éstos procesos influyen en la textura, digestibilidad y aceptación del producto²⁵. Se presume que los AR que se formaron en este estudio son del tipo III, los cuales se producen cuando los almidones son expuestos a altas temperaturas^{26,27}.

En lo que respecta a los IG obtenidos para los bollos, no existen investigaciones previas donde se reporte este dato. Sin embargo, Semprun-Ferreira et al²⁸, trabajaron con un alimento similar elaborado con HMP, la arepa y su IG resultó de 71,5%. Este valor es menor al obtenido en los bollos sometidos al TRAT-1 (IG= 86,88%), en el que casi

todo el almidón presente en la muestra es hidrolizado por la enzimas digestivas. Por lo que la forma de preparación de la HMP en bollo (TRAT-1), podría representar un mayor aporte energético que la arepa, lo cual sería una ventaja para individuos sanos con altas exigencias calóricas. Pero podría ser contraproducente en aquellos individuos que tuvieran algún tipo patología asociada con un mal funcionamiento del metabolismo de carbohidratos.

La alta digestibilidad observada para el TRAT-1, concuerda con los hallazgos de Rodríguez-Sandoval et al²⁹, quienes encontraron que el agua absorbida durante la cocción por ebullición de una harina pre-cocida de yuca, redujo la recristalización del almidón. Esto debido posiblemente a la dilución del componente cristalizable, lo que pudiera producir un aumento en la digestibilidad y en consecuencia un alto IG.

Los bollos sometidos a TRAT-2 y TRAT-3 tienen un IG (73,4 y 67,9% respectivamente) más parecido al determinado para las arepas²⁸ y al obtenido para el pan integral comercial evaluado en esta investigación (70,25%). Desde el punto de vista nutricional, esa disminución de los almidones solubles y aumento en la concentración de los AR, puede ser favorable para la salud, debido a que se limita la biodisponibilidad de glucosa en un alimento que posee un IG alto, convirtiendo a los bollos que recibieron el TRAT-3 en un posible componente de una dieta especial de bajo IG.

Las dietas con IG bajos y las bajas en calorías, son de gran importancia en la nutrición de pacientes con sobrepeso, síndrome metabólico y diabetes. En este sentido, Jiménez-Cruz et al³⁰ evaluaron el efecto que dietas con altos IG y bajos IG, tenían sobre pacientes hiper-lipidémicos. Los investigadores observaron una disminución significativa del colesterol y los LDL en aquellos individuos que consumieron los alimentos con bajos IG. En la investigación conducida por Westman et al³¹, se compararon dietas cetogénicas con dietas de bajo IG, en pacientes con diabetes tipo 2 y encontraron una disminución significativa en el IMC, el peso, la secreción de insulina y la glucosa sanguínea en aquellos individuos que recibieron la dieta de bajo IG por 24 semanas.

CONCLUSIONES

Los tratamientos de cocción y congelación planteados en esta investigación, favorecieron el incremento en el contenido de almidón resistente y la reducción del IG de los bollos elaborados a partir de la HMP. Con lo que se puede afirmar que se logró una disminución de la biodisponibilidad de la glucosa presente en este alimento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mann J, Cummings JH, Englyst HN, Key T, Liu S, Riccardi G, Summerbell C, Uauy R, Van Dam RM, Venn B, Vorster HH, Wiseman M. FAO/WHO Scientific Update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61(1): S132-S137.

2. Fennema O. *Food Chemistry*. 2da edición. Editorial Acribia. España: Zaragoza. 2000.
3. Instituto Nacional de Nutrición (INN). *Overweight and obesity in Venezuela (Prevalence and conditioning factors)*. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Serie de Cuadernos Institucionales. S.L.: Gente de Maíz, 2012, pág. 42.
4. Fernández-Miranda C. Dietary fiber in the prevention of cardiovascular risk. *Nutr Clin Diet Hosp* 2010; 30(2): 4-12.
5. Machado-Velasco KM. y Vélez-Ruiz JF. Study of physical properties in Mexican foods during freezing and frozen storage. *Rev Mex Ing Quim* 2008; 7(1): 41-54.
6. Pacheco E, Peña J. Effect of the rice bran over chemical, physical and sensorial parameters of arepas. *Rev Fac Agron (LUZ)* 2006; 23: 232-242.
7. Chung HJ, Liu Q, Hoover R. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Carboh Polym* 2009; 75: 436-447.
8. Kendall CW, Josse AR, Potter SM, Hoffman AJ, Jenkins DJ. Effect of novel maize-based dietary fibers on postprandial glycemia. *FASEB J*. 2007; 21: 368.3.
9. AACC (American Association of Cereal Chemists) AACC Dietary Fiber Technical Committee. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* 2001; 46: 112-126.
10. Nugent A. Health properties of resistant starch. *British Nutrition Foundation. Nutr Bull* 2005; 30(1): 27-54.
11. Schwiertz A, Lehmann U, Jacobasch G, Blaut M. Influence of resistant starch on the SCFA production and cell counts of butyrate-producing *Eubacterium* spp. in the human intestine. *J Appl Microbiol* 2002; 93(1): 157-162.
12. Topping DL, Clifton PM. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiol Rev* 2001; 81(3): 1031-1064.
13. Cummings JH. Short-chain fatty acid enemas in the treatment of distal ulcerative colitis. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 1997; 9(2): 149-153.
14. Peery AF, Barrett PR, Park D, Rogers AJ, Galanko JA, Martin F, Sandler RS. A high-fiber diet does not protect against asymptomatic diverticulosis. *Gastroenterol* 2012; 142(2): 266-272.
15. Jenkins DJ, Vuksan V, Kendall CW, Würsch P, Jeffcoat R, Waring S, Mehling CC, Vidgen E, Augustin LS, Wong E. Physiological effects of resistant starches on fecal bulk, short chain fatty acids, blood lipids and glycaemic index. *J Am Coll Nutr* 1998; 17(6): 609-616.
16. Robertson MD. Dietary-resistant starch and glucose metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2012; 15(4): 362-367.
17. Martínez-Flores HE, Chang YK, Martínez-Bustos F, Sgarbieri V. Effect of high fiber products on blood lipids and lipoproteins in hamsters. *Nutr Res* 2004; 24(1): 85-93.
18. Goñi I, García-Alonso, A, Saura-Calixto F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr Res* 1997; 17(3): 427-437.
19. Goñi I, García-Díaz L, Mañas E, Saura-Calixto F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chem* 1996; 56(4): 445-449.
20. Granito M, Pérez S, Valero Y. Quality of cooking, acceptability and glycemic index of enriched pasta with legumes. *Rev Chil Nutr* 2014; 41(4): 425-432.
21. Cheftel J, Cheftel A: *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Vol.1, Zaragoza, Acribia, 1999.
22. Billiaderis CG. The structure and interactions of starch with food constituents. *Can J Physiol Pharmacol* 1991; 69: 60-78.
23. Kurakake M, Noguchi M, Fujioka K, Komaki T. Effects on Maize Starch Properties of Heat-treatment with Water-ethanol Mixtures. *J Cereal Sci* 1997; 25: 253-260.
24. Singh J, Kaur L, McCarthy OJ, Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheology properties of some chemically modified starches for food applications. A-review. *Food Hydrocolloids* 2007; 21: 1-22.
25. Rooney RW, Huang DP. Starches for snack foods. In: Iusas EW y Rooney LW editors. *Snack foods processing*. Pennsylvania: technomic publishing company. 2001. pp.115-130.
26. Englyst H, Kingman S, Cummings J. Classification and measurement of nutritionally important resistant starch fractions. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 33-50.
27. Asp NG, Bjorck I. Resistant Starch. *Trends Food Sci Technol* 1992; (3): 11-114.
28. Semprún-Ferreira M, Ryde E, Morales LM, Gómez ME, Raleigh X. Glycemic index and insulin response to the ingestion of precooked Corn flour in the form of arepa in healthy individuals. *Invest Clin* 1994; 35(3): 131-142.
29. Rodríguez-Sandoval E, Sandoval-Aldana A, Fernández-Quintero A. Evaluation of starch retrogradation in cassava flour from precooked parenchyma. *Rev Colomb Quim* 2007; 36(1): 13-30.
30. Jiménez-Cruz A, Seimandi-Mora H, y Bacardi-Gascon M. Effect of low glycemic index diet in hyperlipidemia. *Nutr Hosp* 2003; 18(6): 331-335.
31. Westman EC, Yancy Jr WS, Mavropoulos JC, Marquart M, McDuffie JR. The effect of a low-carbohydrate, ketogenic diet versus a low-glycemic index diet on glycemic control in type 2 diabetes mellitus. *Nutr Metab* 2008; 5(36): 1-9.