

## Estudio del efecto fisiológico del consumo de arepas enriquecidas con pectina extraída de la cáscara de curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*)

### Resumen

Se evaluó el efecto fisiológico del consumo de arepas de maíz enriquecidas con 10% (p/p) de pectina extraída de cáscara de curuba sobre los niveles séricos de glucosa y lípidos en adultos voluntarios. La pectina se extrajo con ácido clorhídrico y se precipitó con etanol del 96% (v/v). En primer lugar, los voluntarios consumieron arepa sin pectina por siete días; después, arepa con 10% (p/p) de pectina cítrica comercial por 20 días y, finalmente, arepa con 10% de pectina de curuba por 20 días. Al mismo tiempo, se realizó un análisis sensorial de aceptación. Los resultados mostraron que, al consumir arepa con pectina de curuba, los niveles séricos de glucosa disminuyeron significativamente (5,88% (p = 0,023)), mientras que el perfil lipídico no se afectó. La arepa con pectina de curuba mostró mayor porcentaje de fibra dietética soluble, insoluble y total, así como menor porcentaje de carbohidratos disponibles, respecto a las otras arepas analizadas. El panel sensorial dictaminó baja aceptación en sabor y textura para las arepas con pectina cítrica comercial y con pectina de curuba. Se concluyó que la pectina de curuba puede aprovecharse para la formulación de arepas ya que ofrece a los consumidores un alimento benéfico para reducir los niveles de glucosa en la sangre.

**Palabras clave:** fibra dietética; pectina de curuba; pectina cítrica; arepas; efecto hipoglicémico.

## Study of the physiological effect of the consumption of arepas enriched with pectin extracted from banana passionfruit peel (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*)

### Abstract

The physiological effect of corn arepas consumption enriched with 10% (w/w) pectin extracted from banana passionfruit peel was evaluated on the serum levels of glucose and lipid in adult volunteers. The pectin was extracted with hydrochloric acid and precipitated with 96% (v/v) ethanol. Firstly, the volunteers consumed arepa without pectin for seven days; then, arepa with 10% of commercial citrus pectin for 20 days, and, finally, arepa with 10% banana passionfruit pectin for 20 days. At the same time, a sensory acceptance analysis was carried out. The results showed that, when consuming arepa with banana passionfruit pectin, serum glucose levels decreased significantly (5.88% (p = 0.023)), while the lipid profile was not affected. The arepa formulated with banana passionfruit pectin showed a higher percentage of soluble, insoluble and total dietary fiber, as well as a lower percentage of available carbohydrates as compared to the other analyzed arepas. The sensory panel ruled low acceptance in flavor and texture for arepas with commercial citrus and banana passionfruit pectin. It was concluded that banana passionfruit pectin can be used for the formulation of arepas since it offers to consumers a beneficial food to reduce blood glucose levels.

**Keywords:** Dietary fiber; banana passionfruit pectin; citrus pectin; arepas; hypoglycemic effect.

## Estudo do efeito fisiológico pelo consumo de arepas enriquecidas com pectina extraída da casca de curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*)

### Resumo

Este estudo avaliou o efeito metabólico do consumo de arepas de milho enriquecidas com 10% (p/p) de pectina extraída da casca de curuba, sobre os níveis séricos de glicose e lípidios, em adultos voluntários. A pectina foi extraída utilizando ácido clorídrico e precipitou-se com etanol à 96% (v/v). Primeiro, os voluntários consumiram arepa sem pectina por sete dias, então arepa com 10% de pectina cítrica comercial por 20 dias, e finalmente arepa com 10% de pectina de curuba por 20 dias. Paralelamente, foi realizado uma análise sensorial de aceitação. Os resultados encontrados mostram que ao consumir arepa com pectina de curuba os níveis séricos de glicose diminuíram significativamente (5,88% (p = 0,023)), enquanto que o perfil lipídico não foi afetado. A arepa com pectina de curuba mostrou maior percentagem de fibra dietética solúvel, insolúvel e total, e um menor percentagem de carboidratos disponíveis com respeito aos valores das outras arepas avaliadas. O painel sensorial mostrou baixa aceitação no sabor e textura para arepas com pectina cítrica comercial e de curuba. Concluiu-se que a pectina de curuba pode ser usada para a formulação de arepas, uma vez que oferece aos consumidores um alimento benéfico para reduzir os níveis de glicose no sangue.

**Palavras-chave:** Fibra dietética; pectina de curuba; pectina cítrica; arepas; efeito hipoglicémico.

## Introducción

El consumo de fibra dietética está asociado con la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares crónicas en el ser humano. La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), recomienda que la ingesta mínima diaria de fibra sea de 25 g, de los cuales se espera que el 80% sea fibra insoluble y el 20% fibra soluble (1). Las fibras de tipo soluble como las gomas, mucílagos, polisacáridos, hemicelulosas y pectinas están presentes en alimentos como cebada, avena, algunas algas comestibles, verduras y frutas (manzana, guayaba, curuba y las frutas cítricas) (2, 3).

Por su parte, las pectinas son polisacáridos de alto peso molecular que forman polímeros de unidades de ácido D-galacturónico unidos por enlaces glicosídicos  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4), cuyos grupos carboxilo están parcialmente esterificados con metanol y en algunos casos con etanol. Las cadenas de la pectina están interrumpidas por unidades de L-ramnosa unidas por enlaces glicosídicos  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 2), aunque también se pueden encontrar unidades de galactosa, arabinosa, glucosa y xilosa, generalmente en forma de cadenas laterales cortas (4). Las pectinas se solubilizan en agua formando soluciones viscosas y en condiciones apropiadas son capaces de formar geles; este comportamiento varía en función del número de grupos carboxilo esterificados con metanol. De esta manera, las pectinas con más del 50% de los grupos carboxilo metoxilados (pectinas de alto metoxilo) forman geles a pH entre 2,8 y 3,5 con un contenido de sólidos solubles cercano al 65%, mientras que las pectinas con esterificaciones menores al 50% (pectinas de bajo metoxilo) requieren la presencia de cationes divalentes para formar el gel (4). Las pectinas no pueden ser digeridas en el intestino delgado debido a su resistencia a la acción hidrolítica de las enzimas digestivas (5).

Cuando se consume pectina de forma regular, se obtiene un efecto benéfico en la salud ya que disminuye los niveles séricos de lípidos y glucosa, ayudando a prevenir enfermedades como diabetes y dislipidemias (6-8). Estas propiedades hacen a la pectina idónea para enriquecer en fibra soluble alimentos de alto consumo, como la arepa de maíz, en grupos poblacionales donde los carbohidratos prevalecen en la dieta diaria debido a su bajo costo y fácil disponibilidad. Esta costumbre (prevalencia de carbohidratos), constituye un factor de riesgo frente a varios problemas de salud. Según la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN) del 2015, más de la mitad de los adultos colombianos entre 18 y 64 años (56%) tiene sobrepeso u obesidad (9), factor de riesgo para adquirir enfermedades crónicas no transmisibles (la primera causa de muerte en Colombia). Estas enfermedades pueden ser cardiovasculares y respiratorias, cáncer o diabetes. Adicionalmente, en el país una de cada tres personas no consume frutas a diario y 2 de cada 3 no consumen verduras, lo que demuestra el bajo consumo de fibra en la población (10).

Estudios previos en nuestro grupo de investigación han demostrado que el consumo de arepas enriquecidas con pectina extraída de guayaba (*Psidium guajava* L.) disminuye los niveles séricos de colesterol total y de colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (cLDL) (11). En otra investigación se comparó el efecto fisiológico de la pectina extraída de guayaba (*Psidium guajava* L.), con la pectina cítrica comercial, encontrando que ambas disminuyeron significativamente los niveles séricos de colesterol total, cLDL y glucosa (12). Basados en los efectos biológicos variables que produce la pectina dependiendo de su origen, en el presente trabajo se buscó evaluar el efecto sobre los niveles de lípidos y glucosa empleando pectina extraída de cáscara de curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*), buscando, además, dar un valor agregado a este desecho frutícola.

## Materiales y métodos

### Extracción de la pectina

La extracción de la pectina de curuba se realizó en la planta piloto de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá), siguiendo el método clásico de extracción con HCl (13). En una marmita abierta calentada a vapor (Inmelcolsa S.A., Bogotá, Colombia), se trataron 7 kg de cáscara de curuba (epicarpio y endocarpio) con 60 L de agua a 90 °C durante 24 h en agitación, manteniendo el pH en 1,2 con HCl 37% (p/v). Posteriormente, se filtró sobre lienzo y al sobrenadante se le adicionaron 150 L de etanol 96% (v/v), dejando en reposo a temperatura ambiente por 24 h, con el fin de precipitar la pectina. La pectina se recuperó después de filtrar la solución en un filtro prensa (Aquatec S.A.S., Medellín, Colombia), seguidamente se sometió a tres lavados con etanol 96% (v/v). La pectina húmeda obtenida (5 kg) se sometió a un proceso de secado a 60 °C durante 24 h (secador Unimac, Bogotá, Colombia). Finalmente, se pasó por un molino de aspas y se obtuvo una muestra homogénea (650 g), utilizada para la preparación de las arepas con 10% (p/p) de pectina.

### Productos

Se prepararon arepas blancas de maíz peto de 30 g sin pectina, arepas con 10% (p/p) de pectina cítrica comercial CIMPA® (PM 262  $\pm$  5 KDa y grado de metoxilación de 62,8  $\pm$  0,7 expresado como moles de metil ésteres/100 moles de ácidos urónicos) (14) y arepas con 10% (p/p) de pectina extraída de cáscara de curuba (PM 339  $\pm$  5 KDa y grado de metoxilación de 43,3  $\pm$  1,6) (15). La formulación del 10% (p/p) se escogió con base en resultados encontrados previamente (16). Las arepas fueron preparadas en la fábrica de arepas El Pílon, Bogotá, sin adición de sal ni margarina.

### Voluntarios

Se realizó un estudio clínico que evaluó 17 individuos adultos sanos, voluntarios del grupo de investigación "Química de Alimentos" del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia. Estos individuos tienen un rango de edad comprendido entre 27 y 59 años (7 hombres, 10 mujeres), los cuales diligenciaron una encuesta con sus datos personales y sus hábitos, además de firmar un consentimiento informado. El criterio de exclusión fueron los niveles sanguíneos fuera del rango normal de los parámetros a evaluar. Este estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia (Acta 05-2015).

Teniendo en cuenta que en dos trabajos previos realizados se emplearon, en un caso, 18 individuos por grupo y, en el otro, 75 individuos, y se encontraron resultados similares respecto al efecto fisiológico (11, 12), se decidió realizar esta investigación con 18 individuos, de los cuales uno desertó del estudio.

Se registraron las medidas antropométricas de cada individuo: índice de masa corporal (IMC), que corresponde al peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la talla en metros ( $\text{kg/m}^2$ ), perímetro de cintura (perímetro medio del abdomen en su parte más estrecha o más angosta (cm)) y la presión arterial sistólica y diastólica (mm Hg) (10).

Después de un ayuno de 9-12 h, se extrajo una muestra de 5 mL de sangre venosa del antebrazo para determinar niveles de glucosa y perfil lipídico (colesterol total (CT), colesterol HDL (cHDL), colesterol LDL (cLDL) y triglicéridos (TG)). Inicialmente, los individuos consumieron al desayuno una arepa sin pectina durante 7 días, con el propósito de habituarse a su consumo. Posteriormente, se inició el consumo de una arepa con 10% (p/p) de pectina cítrica comercial por un periodo de 20 días, intervalo establecido previamente (12). Finalizado este tiempo, se inició el consumo de una arepa con 10% (p/p) de pectina extraída de cáscara de curuba por un periodo de 20 días; en ningún ensayo se modificaron los demás hábitos alimenticios de cada individuo. Al finalizar el periodo de consumo de cada producto, se realizó la toma de muestra de sangre venosa para los respectivos análisis (11, 12).

## Análisis proximal de los productos

Los productos utilizados en el trabajo (arepa sin pectina, arepa con 10% (p/p) de pectina cítrica comercial y arepa con 10% (p/p) de pectina de curuba) fueron sometidos al siguiente análisis proximal: humedad (método AOAC 930.15) (16), cenizas (método AOAC 942.05) (17), grasa total (método AOAC 920.39) (17), proteína (método AOAC 920.152) (17), fibra dietética total, soluble e insoluble (Kit Sigma TDF100A, método AOAC 991.43) (17) y carbohidratos determinados por diferencia. Las muestras se procesaron por triplicado en todos los casos.

## Análisis clínicos

Las muestras de sangre venosa se recolectaron en tubos BD Vacutainer® sin anticoagulante (código 367812, Becton Dickinson de Colombia Ltda, Bogotá, Colombia) y se centrifugaron a 3500 rpm durante 5 min para obtener 2 mL de suero, con el cual se realizaron las siguientes determinaciones bioquímicas: glucosa, CT, TG y cHDL, empleando métodos colorimétricos enzimáticos; glucosa (GOP-PAP), CT (CHOD-PAP), TG (GPO-PAP), cHDL (precipitación con ácido fosfotúngstico seguido del método para colesterol total CHOD-PAP, y utilizando el equipo VITROS® 5600 (Ortho Clinical Diagnostics, Raritan, NJ. EE. UU.); cLDL se estableció mediante la fórmula de Friedewald ( $\text{cLDL} = \text{CT} - \text{cHDL} - \text{TG}/5$ ).

## Panel sensorial

Al finalizar el consumo de cada producto, se constituyó un panel sensorial (no entrenado) que consistió en una encuesta de aceptación de consumidores con escala hedónica de 1-5 puntos, formulada a los 17 sujetos participantes en el estudio, quienes evaluaron las características de apariencia, color, aroma, sabor y textura.

## Análisis estadístico

El efecto hipoglicemiante e hipolipemiante se analizó mediante el programa Stat Graphics Plus 5.1 para la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon. Al análisis proximal de las arepas se le aplicó un ANOVA de una sola vía para determinar diferencias significativas entre macronutrientes, si  $p \leq 0,05$ . A los resultados del análisis sensorial se le aplicó un ANOVA no paramétrico de una sola vía (Kruskal-Wallis), para determinar diferencias significativas en la aceptación de los tres tipos de arepas, si  $p \leq 0,05$ .

## Resultados y discusión

### Extracción de la pectina de curuba

La pectina de curuba obtenida presentó un color ligeramente amarillo y el rendimiento en la extracción fue de 9,7% (p/p), valor superior al obtenido en otras frutas (guayaba 1% (p/p) (13), badea 1,8% (p/p) (19)). Este mayor rendimiento puede deberse a que la extracción se hizo sobre el endocarpio y mesocarpio de la curuba. Sin embargo, esta técnica de extracción no podría ser empleada comercialmente por el bajo rendimiento y el alto consumo de etanol 96% (v/v).

### Medidas antropométricas

De acuerdo a los valores promedio obtenidos de las medidas antropométricas: IMC  $23,3 \pm 3,4$  ( $\text{kg/m}^2$ ) (normal: 18,5 – 24,99 ( $\text{kg/m}^2$ )), perímetro de cintura  $83,6 \pm 11,0$  (cm) (normal: mujeres  $\leq 88$  cm, hombres  $\leq 102$  cm), presión sistólica  $122 \pm 12$  (mmHg) y presión diastólica  $76 \pm 8$  (mmHg) (normal: sistólica 90 - 130 y diastólica 60 - 80 (mmHg)), se confirmó que estos parámetros estaban en el rango considerado normal en todos los individuos que participaron en el ensayo (10).

### Análisis proximal

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos en el análisis proximal de los tres tipos de arepas empleadas en el estudio. Se encontró que la arepa con pectina de curuba mostró un mayor porcentaje de fibra dietética total, soluble e insoluble ( $20,27 \pm 2,81\%$ ,  $14,91 \pm 0,42\%$  y  $6,04 \pm 1,14\%$ , en base húmeda (B.H.), respectivamente), respecto a las otras arepas analizadas.

Este aumento en la fibra dietética total se debe, posiblemente, a la celulosa, gomas y mucilagos que están presentes en la cáscara de curuba y que fueron extraídos junto con la pectina.

La arepa enriquecida con pectina de curuba presentó un menor porcentaje de carbohidratos disponibles ( $9,5 \pm 0,8\%$  B.H, establecidos por diferencia y que corresponden a los que sufren acción enzimática en la digestión y son asimilados) con respecto a los carbohidratos de los otros dos productos. Se esperaban estos resultados, teniendo en cuenta el aumento en el contenido de fibra por la adición de la pectina extraída de curuba. La arepa con 10% (p/p) de pectina cítrica comercial mostró un contenido de carbohidratos disponibles muy semejante al de la arepa sin pectina.

**Tabla 1.** Análisis proximal de los productos alimenticios empleados en el estudio.

Macronutriente % (p/p)	Arepa sin pectina	Arepa con pectina comercial	Arepa con pectina de curuba
Humedad	$61,8 \pm 1,2c$	$52,6 \pm 0,1a$	$57,1 \pm 0,2b$
Grasa*	$0,52 \pm 0,04a$	$0,55 \pm 0,05a$	$0,51 \pm 0,03a$
Proteína*	$10,3 \pm 0,4a$	$13,9 \pm 1,6a$	$11,9 \pm 1,4a$
Cenizas*	$0,11 \pm 0,00a$	$0,40 \pm 0,00b$	$0,59 \pm 0,00c$
Carbohidratos*	$23,2 \pm 4,7c$	$23,7 \pm 0,8b$	$9,5 \pm 0,8a$
Fibra total*	$4,24 \pm 1,59a$	$8,86 \pm 1,56b$	$20,27 \pm 2,81c$
Fibra soluble*	$0,08 \pm 0,01a$	$4,97 \pm 0,04b$	$14,91 \pm 0,42c$
Fibra insoluble*	$4,98 \pm 1,42a$	$4,31 \pm 0,73a$	$6,04 \pm 1,14$

Los valores representan el promedio de tres réplicas  $\pm$  S.D. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) en cada variable. \*Determinaciones en base húmeda (B.H.)

Respecto a los contenidos de grasa y proteína no se evidenciaron diferencias significativas entre los tres tipos de arepa, siendo los contenidos muy similares, indicando que la adición de estas fibras solubles no altera dichos niveles. Resultados similares se reportan en arepas con pectina de guayaba (11).

El contenido de cenizas aumentó considerablemente en las arepas con pectina respecto a la arepa sin pectina, tanto en arepas con pectina comercial como en arepas con pectina de curuba. Esto puede deberse a que la pectina extraída de frutas pudo contribuir a obtener una mayor concentración de residuos no volátiles, aportados, en el caso de la curuba, por la cáscara del fruto. Por tanto, sería importante establecer en un posterior trabajo el contenido de minerales de esta cáscara.

## Análisis clínico

La Tabla 2 presenta los valores de los niveles séricos de las determinaciones realizadas en las cuatro tomas de sangre. Se observa que el perfil lipídico (CT, cLDL, cHDL y TG) no sufrió alteraciones al consumir las diferentes muestras de arepa.

En un trabajo previo se encontró que el consumo de arepas con 10% (p/p) de pectina de guayaba durante 15 días disminuye los niveles séricos de colesterol total y de cLDL. Sin embargo, debido a que se evaluó solo un tipo de pectina, no se logró establecer relación alguna entre las características estructurales de las pectinas y su efecto fisiológico (11).

En otro estudio posterior se comparó el efecto del consumo de arepas enriquecidas con 10% (p/p) de pectina extraída de guayaba (*Psidium guajava* L.) o con pectina de origen cítrico durante 20 días y se encontró que ambos tipos de pectina causaron disminución significativa en los niveles séricos de colesterol total, cLDL y glucosa; la pectina de origen cítrico disminuyó también los niveles circulantes de triglicéridos (12).

En este estudio, el consumo de arepas con 10% (p/p) de pectina de curuba no tuvo efecto hipolipemiante, pero sí disminuyó significativamente los niveles de glucosa, lo cual permite suponer la relación entre la estructura de la pectina y su efecto fisiológico.

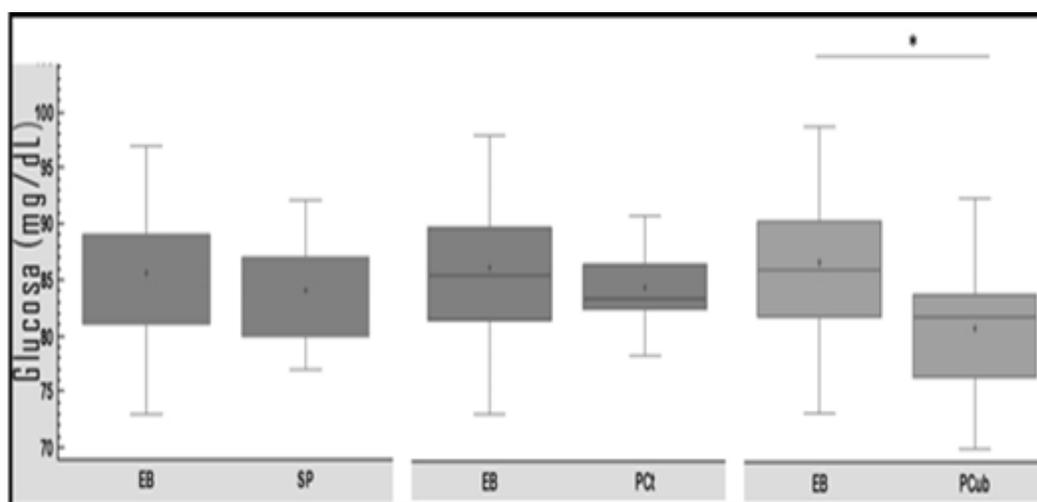
**Tabla 2.** Niveles séricos de glucosa y lípidos en las muestras analizadas.

Parámetro (mg/dL)	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
Glucosa	$85 \pm 6^a$	$84 \pm 5^a$	$84 \pm 3^a$	$80 \pm 6^b$
Colesterol total	$180 \pm 36^c$	$174 \pm 33^c$	$182 \pm 32^c$	$179 \pm 39^c$
cHDL	$46 \pm 11^d$	$46 \pm 12^d$	$46 \pm 12^d$	$46 \pm 13^d$
cLDL	$100,0 \pm 34,5^c$	$96,1 \pm 33,5^c$	$103,3 \pm 32,7^c$	$99,2 \pm 38,8^c$
Triglicéridos	$174 \pm 110^f$	$161 \pm 107^f$	$162 \pm 99^f$	$188 \pm 126^f$

Toma 1: muestra de sangre al iniciar el estudio. Toma 2: muestra después de consumir arepa sin pectina por 7 días. Toma 3: muestra después de consumir arepa con 10% (p/p) pectina cítrica comercial, por 20 días. Toma 4: muestra después de consumir arepa con 10% (p/p) pectina extraída de curuba, por 20 días. Los valores representan el promedio  $\pm$  S.D. (n=17). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) en cada variable.

Como se mencionó anteriormente, la pectina de curuba empleada en este trabajo tiene un peso molecular de  $339 \pm 5$  kDa y un grado de metoxilación de  $43,3 \pm 1,6$  % mol/mol (13). Dichas características no afectarían la acción de la lipasa pancreática, teniendo en cuenta una investigación (19) en la que se evaluó, en soluciones modelo, el efecto de la concentración y del grado de metoxilación de las pectinas de origen cítrico sobre la actividad enzimática de las enzimas digestivas: lipasa (E.C. 3.1.1.3),  $\alpha$ -amilasa (E.C.3.2.1.1), fosfatasa alcalina (E.C.3.1.3.1) y proteasa (quimotripsina, E.C. 3.4.21.1). Allí se encontró que todas las enzimas fueron inhibidas de manera parcial, siendo la lipasa pancreática la más afectada por las pectinas. En el estudio mencionado también se halló que un mayor grado de metoxilación está relacionado con un mayor poder inhibitorio de las pectinas sobre las enzimas mencionadas (20).

Adicionalmente, las pectinas afectan la viscosidad gastrointestinal, disminuyendo la velocidad de absorción de los micronutrientes, incrementando la sensibilidad a la insulina y aumentando la sensación de saciedad, lo que permite reducir el consumo total de calorías (21). Estudios más recientes han mostrado que la inhibición de la actividad de la lipasa pancreática causada por las pectinas depende de la relación entre su peso molecular y el grado de metoxilación.



**Figura 1.** Niveles séricos de glucosa al inicio del estudio (EB), y después del consumo de arepa sin pectina (SP), arepa con pectina cítrica comercial (PCT) y arepa con pectina extraída de curuba (PCub).

Lo anterior, debido a que se estableció que las pectinas con peso molecular menor a 230 kDa y grado de metoxilación mayor a 60% *mol/mol* (moles de metil éster/100 moles de ácido urónico), favorecen la inhibición de la actividad de la lipasa pancreática (20).

En este estudio los niveles de glucosa tuvieron una disminución significativa del 5,88% ( $p = 0,023$ ), al consumir arepas con 10% (*p/p*) de pectina de curuba (Figura 1).

En estudios clínicos previos se demostró que sólo las fibras solubles ejercen un papel importante en la reducción de la glicemia (22-24) y en la mejoría de otros factores de riesgo cardiovascular (25, 26). En la mayoría de los trabajos se ha observado una reducción de la respuesta glicémica a corto plazo. El resultado obtenido en este trabajo podría considerarse como una evaluación de dicho efecto a mayor plazo.

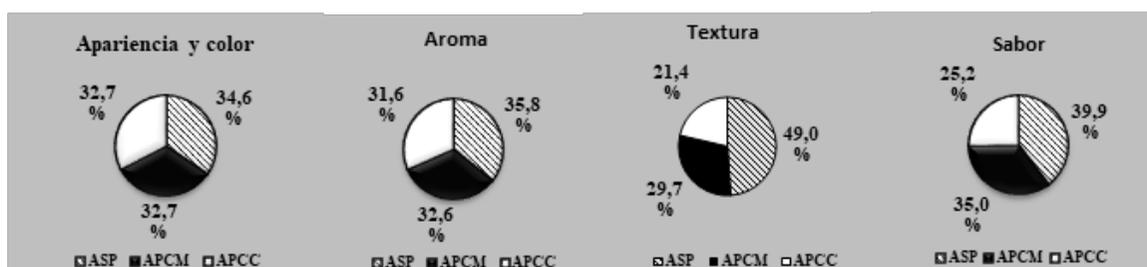
El efecto hipoglicemiante de la fibra soluble podría estar relacionado con su capacidad para aumentar la viscosidad del contenido del estómago, lo que impediría la absorción de hidratos de carbono y de macronutrientes (27, 28). Sin embargo, también se ha comprobado que favorece la captación de glucosa por el músculo esquelético debido a un incremento de los transportadores de glucosa sensibles a la insulina, GLUT-4 en la membrana plasmática del músculo esquelético (29).

## Análisis sensorial

La Figura 2 muestra los resultados del panel de aceptación de los productos empleados en el estudio. Se observa que, en los atributos de apariencia, color y aroma, no se presentaron diferencias significativas entre la arepa sin pectina, la arepa con 10% (*p/p*) de pectina comercial y la arepa con 10% (*p/p*) de pectina de curuba. En los atributos de textura y sabor se observa una menor aceptación en la arepa con 10% (*p/p*) de pectina de curuba ( $p \leq 0,05$ ), debido probablemente a que la pectina adicionada, por su sabor residual y su consistencia gomosa podría alterar dichos atributos y afectar dicha calificación. Para mayor aceptación de estas arepas habría que mejorar estas características.

## Conclusiones

Las arepas enriquecidas con pectina extraída de cáscara de curuba mostraron un mayor contenido de fibra total y por tanto un menor contenido de carbohidratos disponibles, respecto a arepas sin pectina o con pectina cítrica.



**Figura 2.** Análisis sensorial de los productos en estudio: arepa sin pectina (ASP), arepa con 10% (*p/p*) de pectina cítrica comercial (APCM), arepa con 10% (*p/p*) de pectina extraída de curuba (APCC).

En la población estudiada se pudo establecer que la adición de 10% (p/p) de pectina de curuba en arepas de maíz blanco disminuye los niveles de glucosa sanguínea sin afectar los niveles circulantes de lípidos. Sin embargo, la adición de pectina disminuye la aceptación sensorial de las arepas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia; al grupo “Investigación en Química de Alimentos” del Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia y al proyecto “Red Nacional para la Bioprospección de Frutas Tropicales” (Rifrutbio), financiado por Colciencias.

## Referencias

1. Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA). Fibra Dietaria. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/interactivenutritionfactslabel/dietary-fiber.html> (consultado el 27 de noviembre de 2017).
2. Theuwissen, E.; Mensink, R. Water soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiol. behav.* **2008**, *94*, 285-292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2008.01.001>.
3. Brown, L.; Rosner, B.; Willett, W.; Sacks, F. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta - analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* **1999**, *69*, 30-42.
4. Ferreira, S. Pectinas: aislamiento, caracterización y producción. Editorial UN: Departamento de Farmacia, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2007.
5. Holloway, W. D.; Tasman-Jones C.; Lee, S.P. Digestion of certain fractions of dietary fiber in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* **1978**, *31*, 927-930.
6. Anderson, J.W.; Baird, P.; Davis Jr, R. H.; Ferreri, S.; Knudtson, M.; Koraym, A.; Waters, V.; Williams, C. L. Health benefits of dietary fiber. *Nutr. Rev.* **2009**, *67*, 188-205. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00189>.
7. Papatheopoulos, A.; Camiller, M. Dietary fiber supplements: Effects in obesity and metabolic syndrome and relationship to gastrointestinal functions. *Gastroenterology* **2010**, *138*, 65-72. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.11.045>.
8. Brouns, F.; Theuwissen, E.; Adam, A.; Bell, M.; Berger, A.; Mensink, R.P. Cholesterol-lowering properties of different pectin types in mildly hyper-cholesterolemic men and women. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2012**, *66*, 591-599. DOI: <https://doi.org/10.1038/ejcn.2011.208>.
9. Colombia. Ministerio de Salud y Protección Social. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional ENSIN 2015. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/presentacion-lanzamiento-ensin-2015.pdf> (consultado el 27 de noviembre de 2017).
10. Colombia. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución número 2465 de 2016. <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/bienestar/nutricion/pnsan/Resolucion%202465%20de%202016.pdf> (consultado el 27 de noviembre de 2017).
11. Martínez, M.; Ortiz, B.; Pérez, C.; Anzola, C. Efecto de la pectina extraída de guayaba sobre el perfil lipídico en adultos con diferente condición cardiovascular. *Rev. Fac. Med.* **2011**, *59*, 103-111.
12. Valenzuela, L.; Ortiz, B.; Pérez, C. Estudio comparativo del efecto metabólico de arepas enriquecidas con pectina extraída de guayaba (*Psidium guajaba* L.) o pectina cítrica comercial. *Rev. Colomb. Quim.* **2013**, *42*, 5-10.
13. Buitrago, C. Extracción de pectina de la guayaba (*Psidium guajaba* L.) a escala de planta piloto. Tesis Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2007.
14. Aguilera, E. Efecto del pH y del grado de metoxilación de polisacáridos pécticos sobre la actividad de la lipasa pancreática. Tesis Maestría en Ciencias-Química. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2016.
15. Quintero, M. Obtención y caracterización de hidrocoloides a partir de residuos de la industria frutícola. Tesis Maestría en Ciencias-Química. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2016.
16. Jiménez, L. Puesta a punto de la elaboración de pan, arepa y pasta con adición de pectina y fenoles provenientes de guayaba (*Psidium guajaba* L.). Trabajo de grado. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2009.
17. AOAC Official Methods of Analysis. 14th Edition. Gaithersburg, MD. AOAC International, 1996.
18. Friedewald, W.; Levy, R.; Fredrickson, D. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.* **1972**, *18*, 499 – 502. DOI: <https://doi.org/10.1.1.576.9802&rep=rep1&type=pdf>.
19. Montaña, K. Obtención de pectina a partir de badea (*Passiflora quadrangularis*). Tesis Maestría en Ciencias-Química. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2016.
20. Espinal, M.; Parada, F.; Restrepo, L.; Narváez, C.; McClements, D. Interaction of a Dietary Fiber (Pectin) with Gastrointestinal Components (Bile Salts, Calcium, and Lipase): A Calorimetry, Electrophoresis, and Turbidity Study. *J. Agric. Food Chem.* **2014**, *6*, 12620-12630. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf504829h>.
21. Sungsoo Cho, S.; Dreher, M. (Eds) *Handbook of Dietary Fiber*. Marcel, Dekker Inc.: New York, USA, 2001; <https://doi.org/10.1079/BJN2002617>.
22. Wursch, P.; Pi-Sunyer, F. The role of viscous soluble fiber in the metabolic control of diabetes. *Diabetes Care* **1997**, *20*, 1774-80.
23. Anderson, J.; Gustafson, N.; Bryand, C. Dietary fiber and diabetes: a comprehensive review and practical application. *J. Am. Diet Assoc.* **1997**, *87*, 1189-97.
24. Mann, J. Dietary fibre and diabetes revisited. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2001**, *55*, 919-21. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601258>.
25. Vuksan, V.; Jenkins, D.; Spadafora, P.; Sievenpiper, J.; Owen, R.; Vidgen, E.; et al. Konjac-mannan (glucomannan) improves glycaemia and other associated risk factors for coronary disease in type 2 diabetes. *Diabetes Care* **1999**, *22*, 913-9.

26. Jenkins, D.; Kendall, C.; Vuksan, V. Viscous fibers, health claims and strategies to reduce cardiovascular disease risk. *Am. J. Clin. Nutr.* **2000**, *71*, 401-2.
27. Cameron-Smith, D.; Collier, G.; O'Dea, K. Effect of soluble dietary fiber on the viscosity of gastrointestinal contents and the acute glycaemic response in the rat. *Br. J. Nutr.* **1994**, *71*, 563-71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2007.02.009>.
28. Leclerc, C.; Champ, M.; Boillot, J.; Guille, G.; Lecannu, G.; Molis, C.; et al. Role of viscous guar gums in lowering the glycemic response after a solid meal. *Am. J. Clin. Nutr.* **1994**, *59*, 914-21.
29. Song, Y.; Sawamura, M.; Ikeda, K.; Igawa, S.; Yamori, Y. Soluble dietary fiber improves insulin sensitivity by increasing muscle GLUT-4 content in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* **2000**, *27*, 41-5.

**Article citation:**

Ortiz, B. L.; Anzola, C. Estudio del efecto fisiológico del consumo de arepas enriquecidas con pectina extraída de la cáscara de curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). *Rev. Colomb. Quim.* **2018**, *47* (2), 5-11 DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v47n2.65812>.