

## 5. INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

### DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE GLUCÉMICO DE UN PAN ELABORADO A BASE DE HARINA DE ALMENDRA

*Helio Yazael González Estrada<sup>1</sup>, Jacqueline Meritzel Florian Peralta, Fátima López Alcaraz<sup>1</sup>, Alin Jael Palacios Fonseca<sup>1</sup>, Karmina Sánchez Meza<sup>1</sup>, Mario del Toro Equihua<sup>1</sup>, Carlos Enrique Tene Pérez, Eliud Alfredo García Montalvo<sup>2</sup>, Joel Cerna Cortés<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Medicina de la Universidad de Colima.*

*<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas-Orizaba, Universidad Veracruzana.*

*[joelcerna@ucol.mx](mailto:joelcerna@ucol.mx)*

#### INTRODUCCIÓN

En la búsqueda constante de alternativas saludables y equilibradas en la alimentación, la harina de almendra representa una opción prometedora para la elaboración de pan con un índice glucémico bajo. El índice glucémico (IG) es un indicador que mide la velocidad a la cual los alimentos que contienen hidratos de carbono elevan los niveles de glucosa en sangre después de su consumo (1). Una dieta con un bajo IG se ha relacionado con beneficios para la salud, como la regulación del peso corporal, el control de la glucemia en personas con diabetes y la prevención de enfermedades cardiovasculares.

#### OBJETIVO

El presente trabajo tuvo como objetivo, Evaluar el índice glucémico de un pan elaborado con harina de almendra.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de caso y control pareado, en 13 personas que cumplieron con los criterios de selección de acuerdo con la norma ISO 26642: 2010 (1). Para la determinación del índice glucémico se siguió la norma ISO 26642:2010. Brevemente: se realizó la toma en ayuno por duplicado de la concentración de glucosa de cada uno de los participantes, utilizando el glucómetro Contour TS®. A continuación, los participantes ingirieron 50 gramos de glucosa disuelta en 200 mililitros de agua. Posteriormente, se tomó la lectura de la glucosa capilar utilizando lanceta y glucómetro, a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos. Tras permitir el reposo de los participantes por una semana, se procedió a realizar el mismo esquema de experimentación descrito en el párrafo anterior, pero con la ingesta de 50 gramos de bolillo hecho con harina de almendra el cual se elaboró con la siguiente mezcla de ingredientes: 120 g de harina de almendra; 20 g de linaza molida; 60 g de mantequilla; 3 claras de huevo; 1 yema de huevo; 1 cucharadita de Psyllum). Con los resultados de glucosa sanguínea obtenidos en ayuno y tras la ingesta de alimento de referencia (glucosa) y el alimento prueba (bolillo elaborado con harina de almendra), se obtuvo el área bajo la curva de cada participante utilizando el programa estadístico GraphPad Prism. Para realizar el cálculo de índice glicémico del pan de harina de almendra, se realizó una división entre el área bajo la curva de la ingesta de 50 g de pan de almendra, entre el área bajo la curva de la ingesta de 50 g de glucosa, el resultado se multiplicó por 100 dando como resultado el IG del pan de almendra del participante, este procedimiento se realizó con cada uno de ellos. Posteriormente, se obtuvo el promedio, realizando una suma del resultado de IG de cada uno de los participantes y dividiendo el resultado entre el número total de participantes.

## RESULTADOS

La figura 1 muestra una fotografía del pan elaborado con la harina de almendra con el que se realizó el estudio; La figura 2 muestra los resultados de glucemia en sangre de los participantes en ayuno y posterior de la ingesta de alimento de referencia (50 gramos de glucosa anhidra disuelta en agua) y del alimento a prueba (50 gramos de bolillo laborado con harina de almendra) en los tiempos 15, 30, 60, 90 y 120 minutos. La figura 2 también muestra los datos de glucemia, normalizados con respecto a la glucemia en ayuno obtenida por duplicado de cada participante; La figura 3, muestra el cálculo del índice glucémico del bolillo elaborado con harina de almendra obtenido como un promedio del índice glucémico del grupo de 13 participantes.



Figura 1. Bolillo elaborado con harina de almendra

**Valores de glucosa en sangre para la determinación de índice glucémico obtenidos con el alimento de referencia y con el alimento prueba**

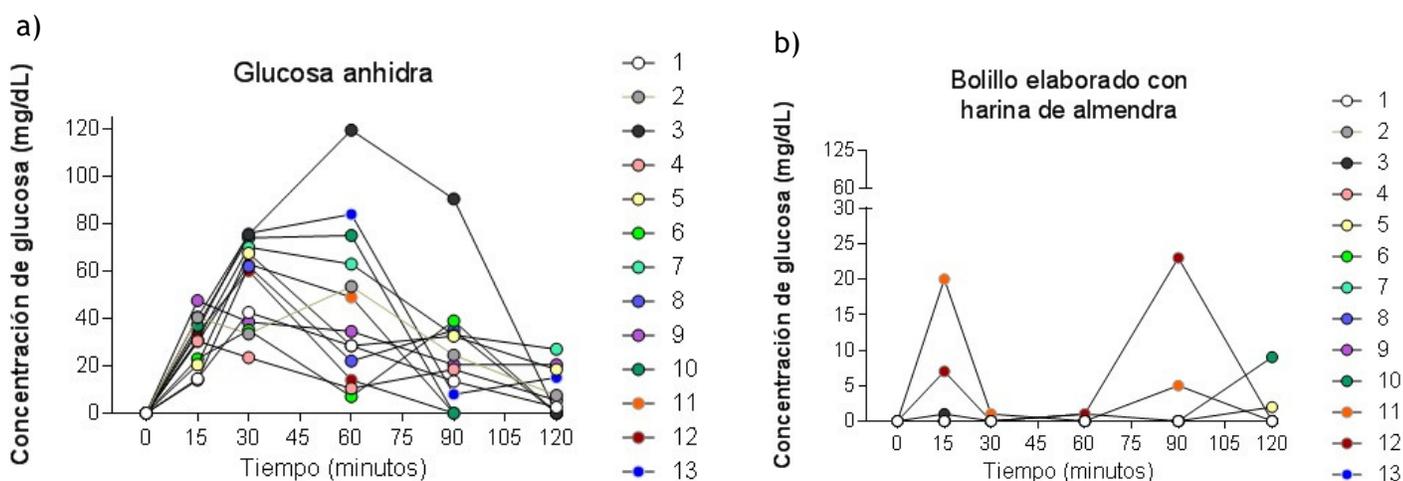
**Valores de glucosa en sangre del alimento de referencia (glucosa) y del alimento prueba normalizados con el valor de glucosa en sangre en ayuno correspondiente**

Valores de glucosa en sangre en mg/dL en ayuno y tras la Ingesta de 50 gramos de glucosa anhidra.							Valores de glucosa en sangre en mg/dL en ayuno y tras la Ingesta de 50 gramos de glucosa anhidra, normalizados con respecto al valor de glucosa obtenida por duplicado en ayuno						
	0 min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min		0 min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Participante 1	97.5	112	140	126	111	100	Participante 1	0	14.5	42.5	28.5	13.5	2.5
Participante 2	89.5	130	123	143	114	97	Participante 2	0	40.5	33.5	53.5	24.5	7.5
Participante 3	93.5	134	169	213	184	87	Participante 3	0	40.5	75.5	119.5	90.5	0
Participante 4	95.5	126	119	106	114	101	Participante 4	0	30.5	23.5	10.5	18.5	5.5
Participante 5	95.5	116	163	124	128	114	Participante 5	0	20.5	67.5	28.5	32.5	18.5
Participante 6	96	119	131	103	135	96	Participante 6	0	23	35	7	39	0
Participante 7	102	133	172	165	135	129	Participante 7	0	31	70	63	33	27
Participante 8	99	113	161	121	134	78	Participante 8	0	14	62	22	35	0
Participante 9	92.5	140	131	127	113	113	Participante 9	0	47.5	38.5	34.5	20.5	20.5
Participante 10	91	128	165	166	77	72	Participante 10	0	37	74	75	0	0
Participante 11	88	123	164	172	96	103	Participante 11	0	30	63	49	0	0
Participante 12	84	114	147	133	80	79	Participante 12	0	34	60	14	0	0
Participante 13	97	131	157	111	59	73	Participante 13	0	35	76	84	8	15

Valores de glucosa en sangre en mg/dL en ayuno y tras la Ingesta de 50 gramos de pan elaborado con harina de almendra.							Valores de glucosa en sangre en mg/dL tras la ingestión de 50 gramos de bolillo elaborado con harina de almendra, normalizados con respecto al valor de glucosa en sangre obtenida por duplicado en ayuno						
	0 min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min		0 min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Participante 1	97.5	96	80	84	85	83	Participante 1	0	0	0	0	0	0
Participante 2	89.5	80	83	83	88	85	Participante 2	0	0	0	0	0	0
Participante 3	95	96	85	85	85	88	Participante 3	0	1	0	0	0	0
Participante 4		83	75	85	79	74	Participante 4	0	0	0	0	0	0
Participante 5	81	78	75	80	81	83	Participante 5	0	0	0	0	0	2
Participante 6	97	85	90	93	85	87	Participante 6	0	0	0	0	0	0
Participante 7	90.5	90	82	88	84	79	Participante 7	0	0	0	0	0	0
Participante 8	88.5	79	77	77	76	83	Participante 8	0	0	0	0	0	0
Participante 9	92.5	86	85	77	82	80	Participante 9	0	0	0	0	0	0
Participante 10	94	87	87	83	92	103	Participante 10	0	0	0	0	0	9
Participante 11	98	118	99	86	103	89	Participante 11	0	20	1	0	5	0
Participante 12	97	104	92	98	120	95	Participante 12	0	7	0	1	23	0
Participante 13	109	104	107	110	101	104	Participante 13	0	0	0	1	0	0

**Figura 2.** Registro de los valores de glucosa en sangre de cada participante en ayuno (se muestra el promedio de las dos mediciones realizadas en ayuno) y tras consumir el alimento de referencia (glucosa) y el alimento prueba (bolillo elaborado con masa madre) en los tiempos 15, 30, 60, 90 y 120 minutos, así como su normalización con respecto al valor de glucosa en sangre en ayuno correspondiente.



c)

Participante	AUC <i>Glucosa anhidra</i>	AUC <i>Bolillo elaborado con harina de almendra</i>	Índice glucémico [(AUC glucosa/AUC bolillo de almendra) X100]
1	2471	0	0
2	3814	0	0
3	8606	15	0.17
4	1939	0	0
5	3934	30	0.76
6	2513	0	0
7	5325	0	0
8	3315	0	0
9	3536	0	0
10	4470	135	3.02
11	3338	472.5	14.15
12	2280	825	36.18
13	5220	30	0.5747
Índice glicémico del bolillo elaborado con harina de almendra (promedio del índice glucémico de los 13 participantes)			4.21

**Figura 3.** La figura muestra las gráficas realizadas con los valores de glucosa en sangre normalizados de cada participante tras consumir el alimento de referencia (glucosa) y el alimento prueba (bolillo elaborado con harina de almendra) en los tiempos 0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos; los valores de área bajo la curva (AUC) para cada una de las intervenciones, así como el cálculo para obtener el índice glucémico del bolillo elaborado con harina de almendra que fue de 4.21.

## CONCLUSIÓN

El índice glucémico es una medida utilizada para clasificar los alimentos según su capacidad para elevar los niveles de glucosa en sangre después de ser consumidos. Se basa en comparar los efectos del consumo de una cantidad estándar de hidratos de carbono del alimento en cuestión, con una cantidad estándar de glucosa o pan blanco (que tiene un IG de referencia de 100). El índice glicémico se clasifica como bajo si es  $\leq 55$ ; medio (56-69) y alto  $\geq 70$  (2).

El índice glucémico (IG) de la harina de almendra es un tema relevante en la nutrición debido a su creciente popularidad en dietas bajas en hidratos de carbono y sin gluten. La harina de almendra es conocida por ser baja en hidratos de carbono y alta en grasas saludables y por su contenido de proteínas (3). Esto la hace atractiva como componente de dietas cetogénicas (4) o para personas con sensibilidad al gluten (5).

El presente trabajo mostró que el pan elaborado con harina de almendra presenta un índice glicémico de 4.21, lo cual es bajo en comparación con otros alimentos ricos en carbohidratos como el pan o el arroz blanco, que tienen un IG alto (por encima de 70) (2).

La harina de almendra emerge como una alternativa atractiva y prometedora para la elaboración de pan con bajo índice glucémico. Su composición nutricional única, caracterizada por grasas saludables, proteínas y fibra, influye en la respuesta glucémica de los alimentos y potencialmente conlleva beneficios para la salud al mejorar el perfil lipídico y prevenir enfermedades cardiovasculares (6, 7). A medida que la investigación científica continúa explorando los efectos de esta harina en la salud humana, su incorporación en la industria de la panificación podría representar un paso hacia la creación de productos más saludables y nutritivos, en línea con las tendencias actuales de una alimentación consciente y equilibrada.

## Referencias

1. International Organization for Standardization. (2010). ISO 26642:2010(en), Food products—Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:26642:ed-1:v1:en>
2. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. (2002) International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr*; 76(1): 5-56. doi: 10.1093/ajcn/76.1.5.
3. U.S. Department of Agriculture (USDA). (2019). Agricultural Research Service. FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov>
4. Paoli A, Rubini A, Volek JS, Grimaldi KA. (2013). Beyond weight loss: a review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets. *Eur J Clin Nutr*;67(8):789-96. doi: 10.1038/ejcn.2013.116.
5. Aljada B, Zohni A, El-Matary W. The Gluten-Free Diet for Celiac Disease and Beyond. *Nutrients*. 2021 Nov 9;13(11):3993. doi: 10.3390/nu13113993. PMID: 34836247; PMCID: PMC8625243.
6. Fraser GE, Sabaté J, Beeson WL, Strahan TM. (1992). A possible protective effect of nut consumption on risk of coronary heart disease. The Adventist Health Study. *Arch Intern Med*;152(7):1416-24.
7. Barreca D, Nabavi SM, Sureda A, Rasekhian M, Raciti R, Silva AS, Annunziata G, Arnone A, Tenore GC, Süntar İ, Mandalari G. (2020). Almonds (*Prunus Dulcis* Mill. D. A. Webb): A Source of Nutrients and Health-Promoting Compounds. *Nutrients*;12(3):672. doi: 10.3390/nu12030672.