

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“EFECTO DEL COCINADO EN EL ÍNDICE GLUCÉMICO DE LOS
ALIMENTOS: APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE MENÚS EN
RESTAURACIÓN COLECTIVA”**

TRABAJO FINAL DE GRADO

JULIO 2023

Autor: Miguel Ángel Carbonell Cerdá

Tutor: Juan Miguel Valverde Veracruz

Cotutor: Joaquín Caro Sánchez



TÍTULO: “Efecto del cocinado en el índice glucémico de los alimentos: aplicación en el diseño de menús en restauración colectiva”.

RESUMEN

En esta revisión bibliográfica se ha estudiado cómo los efectos del cocinado alteran el índice glucémico de los alimentos y su aplicación en menús para restauración colectiva. El contenido de azúcares y almidón son factores clave para el índice glucémico, así como técnicas culinarias poco agresivas que pueden reducirlo. Generando la retrogradación del almidón y su conversión a almidón resistente se puede disminuir el índice glucémico, como también la acidificación y el incremento en fibra de un alimento o combinación de ellos. Se ha realizado un trabajo experimental en el que se ha diseñado un menú de tres platos, cocinados en modo convencional y cocinados teniendo en cuenta los factores que minimizan el índice glucémico. Los resultados mostraron que las técnicas culinarias aplicadas no perjudicaron las características organolépticas de forma sustancial y permitieron mejorar los platos desde el punto de vista saludable.

Palabras clave: índice glucémico, técnicas culinarias, almidón, diabetes, restauración colectiva

TITLE: “The effect of cooking on the glycemic index of foods: application in the design of menus in collective catering”.

ABSTRACT

This literature review has examined how cooking effects alter the glycemic index of foods and their application in collective catering menus. Sugar and starch content are key factors in the glycemic index, as well as using less aggressive cooking techniques that can reduce it. By promoting starch retrogradation and converting it into resistant starch, the glycemic index can be decreased, as well as acidification and increasing the fiber content of a food or combination of foods. An experimental study was conducted where a three-course menu was designed, cooked using conventional methods, and taking into account the factors that minimize the glycemic index. The results showed that the applied cooking techniques did not substantially impair the organoleptic characteristics of the dishes and allowed for improvements from a healthy perspective.

Keywords: glycemic index, culinary techniques, starch, diabetes, collective catering

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS	10
3. MATERIAL Y MÉTODOS	10
4. RESULTADOS	11
4.1. Conceptos básicos de Índice Glucémico y Carga Glucémica	11
4.2. Efectos de los niveles de glucosa en sangre y el papel del IG y CG.	15
4.3. Enfermedades en relación con la glucosa en sangre.	16
4.4. Elementos de cambio en el IG.....	20
4.5. Tamaño de las cadenas de HC.....	22
4.6. Gelatinización, retrogradación del almidón y AR.....	23
4.7. Relación amilosa-amilopectina	25
4.8. Relación de nutrientes y ácidos.....	26
4.9. Tratamientos culinarios y propiedades fisicoquímicas.	28
4.9.1. Cocción húmeda.....	31
4.9.2. Cocción mixta	33
4.9.3. Cocción seca.....	33
4.9.4. Elección de las mejores técnicas culinarias para reducir el IG.....	35
4.10. Maduración de frutas y verduras	36
4.11. Restauración Colectiva.....	37
5. PARTE EXPERIMENTAL.....	41
5.1. Primer plato y modificaciones.....	43
5.2. Segundo plato y modificaciones	43
5.3. Postre y modificaciones	44
5.4. Análisis sensorial.....	45
6. CONCLUSIONES	46
7. BIBLIOGRAFÍA.....	47

1. INTRODUCCIÓN

Si hay que pensar en un hecho histórico que marcó el devenir de nuestra especie tal y como la conocemos, se diría que fue el control del fuego. Y, ¿por qué este control significó tanto para la especie humana? El fuego permitió una mejor cocción de los alimentos, llegando a, según *Caracuel (2008)*, transformar física y/o químicamente el aspecto, la textura, la composición y el valor nutritivo de un alimento mediante la acción del calor con el fin de satisfacer los sentidos de la vista, el gusto y el olfato, haciendo los alimentos más digeribles y apetecibles, y aumentando su vida útil y seguridad. Esto significó una evolución en todos los aspectos, física y mental. Hay que señalar que, según *Sistiaga et al. (2020)*, puede que haya habido una fase previa de la cocción con la utilización por parte de los homínidos, en concreto el *Homo Erectus*, de las aguas termales.

El cambio fue radical, ya que años más tarde, en el neolítico, se empiezan a introducir las primeras cosechas de cereales (agricultura), o la domesticación de animales (ganadería) como medio de alimentación (*Redescolar, 2023*).

Hoy en día el concepto de alimentación se conoce, según la *FAO (2023)*, como el proceso consciente y voluntario que consiste en el acto de ingerir alimentos para satisfacer la necesidad de comer.

Por otra parte, la nutrición es un proceso celular en el cual se obtiene energía y materiales estructurales a través de los nutrientes que proporcionan los alimentos de los cuales nos alimentamos (*Hernández et al., 2018*).

En cuanto a los nutrientes, se dividen en dos grupos llamados macronutrientes (aportan energía) y micronutrientes (esenciales para realizar funciones metabólicas y fisiológicas). Dentro del grupo de los macronutrientes, se encuentran los hidratos de carbono (HC), proteínas y grasas, y en el grupo de los micronutrientes, sales minerales y vitaminas (*Reynaud, 2014*).

Ahora bien, ¿qué alimentos contienen estos nutrientes? Pues según la búsqueda de varios alimentos vegetales y animales en la base de datos *BEDCA (2023)*, los alimentos vegetales (frutas, verduras, legumbres, frutos secos, cereales y tubérculos) se componen de HC (complejos como el almidón y la fibra, y simples como los azúcares) en mayor proporción, proteínas, ácidos grasos en menor proporción a excepción de los frutos secos, vitaminas (como la C y las del grupo B entre otras) y sales minerales (como el hierro, potasio y fósforo entre otros). Los alimentos de origen animal (carnes, pescados, mariscos y derivados) se componen de proteínas, HC (leche) y ácidos grasos en mayor proporción, así como de vitaminas (sobre todo del grupo B) y sales minerales (hierro, calcio, fósforo entre otros).

Un alimento puede declararse legalmente “rico en” / “alto contenido en” o “contiene” / “fuente de” vitaminas o sales minerales según la cantidad que contenga el alimento de estos

micronutrientes. Según la *Directiva del Consejo de 24 de septiembre de 1990 relativa al etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios (90/496/CEE)*, el término “contienen” o “fuente de”, hace referencia a que el alimento debe contener al menos un 15 % de las cantidades diarias recomendadas (CDR) expuestas en el Anexo I de este reglamento (figura 1). Para que un alimento sea “rico en”, según *el REGLAMENTO (CE) No 1924/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos*, el alimento debe contener al menos 2 veces el contenido de “fuente de”.

Figura 1: Vitaminas y sales minerales que pueden declararse y sus cantidades diarias recomendadas (CDR).

Vitamina A (µg)	800	Cloruro (mg)	800
Vitamina D (µg)	5	Calcio (mg)	800
Vitamina E (mg)	12	Fósforo (mg)	700
Vitamina K (µg)	75	Magnesio (mg)	375
Vitamina C (mg)	80	Hierro (mg)	14
Tiamina (mg)	1,1	Zinc (mg)	10
Riboflavina (mg)	1,4	Cobre (mg)	1
Niacina (mg)	16	Manganeso (mg)	2
Vitamina B6 (mg)	1,4	Fluoruro (mg)	3,5
Ácido fólico (µg)	200	Selenio (µg)	55
Vitamina B12 (µg)	2,5	Cromo (µg)	40
Biotina (µg)	50	Molibdeno (µg)	50
Ácido pantoténico (mg)	6	Yodo (µg)	150
Potasio (mg)	2 000		

Fuente: Anexo I de la Directiva 90/496/CEE

En la tabla 1 se aprecia cada grupo de alimento y el micronutriente, y si se definen con términos como “ricos en” / “alto contenido en” o “contienen” / “fuente de” para cantidades de vitaminas y sales minerales.

Tabla 1: Clasificación alimento / nutriente (vitaminas y minerales), en relación con su cantidad en cada grupo de alimento. Se definen como “ricos en” / “alto contenido en” o “contienen” / “fuente de”.

ALIMENTO/NUTRIENTE	VITAMINAS		MINERALES	
	RICOS EN / ALTO CONTENIDO EN	CONTIENEN / FUENTE DE	RICOS EN / ALTO CONTENIDO EN	CONTIENEN / FUENTE DE
CEREALES	B1, B3, B6	B9	Magnesio, Fósforo, Zinc	Hierro, Potasio, Magnesio, Fósforo, Zinc
ACEITES Y GRASAS	E	E		
FRUTAS	C	C	Potasio	Potasio
FRUTOS SECOS		B6	Potasio	Hierro, Fósforo, Potasio
HORTALIZAS Y VERDURAS	C	A, B6, B9, C		Potasio
LEGUMBRES	B1, B9 (algunas legumbres B3, B5, B8)	B1 B2, B9 (algunas legumbres B3, B5, B8) C, E	Potasio, Fósforo, Magnesio, Hierro, Zinc (soja Ca)	Potasio, Fósforo, Magnesio, Hierro, Zinc (soja Ca)
LÁCTEOS (leche/yogur, queso)		B12	Calcio	Potasio, Calcio
CARNE	B3 y B12 (hígado: D, A, B9/riñón: B8/cerdo: B1/vísceras: B5)	B2, B3, B5, B6, B12	Hierro, Potasio	Hierro, Potasio
PESCADO	B3, B6, B12, D	A, B2, B3, B5, B6, B12, D, E	Potasio, Calcio	Potasio, Calcio
MARISCO	A, B3, B6, B12	A, B3, B6, B12	Hierro, Fósforo	Potasio, Hierro, Fósforo
HUEVOS	B2, B8, B12 y D	A, B1, B2, B5, B8, B9, B12, D	Fósforo	Fósforo y Hierro

Fuente: Elaboración propia con información de BEDCA (2023), REGLAMENTO (CE) No 1924/2006 y Directiva 90/496/CEE

Como ya se ha citado, el control del fuego supuso un avance muy notorio a la hora de cocinar los alimentos, hasta el punto de que se ha progresado tanto que se tiene una amplia gama de técnicas culinarias para cocinar estos alimentos y darles un sentido, ya sea nutricional, organoléptico o de disfrute.

Las técnicas culinarias se pueden agrupar en 3 grupos, húmedas (transferencia de calor al alimento desde un líquido como el agua u otros que la contengan como caldos, vinos, vapor de agua, etc.), secas (transferencia de calor al alimento a partir de grasas o sin presencia de ningún líquido que contenga humedad) y mixtas (transferencia de calor al alimento a partir de una mezcla de cocciones húmedas y secas), según *Duarte et al. (2018)* y *Ruiz de las Heras (2006)*. En la tabla 2 se representan algunas de las técnicas culinarias que se pueden realizar a la hora de cocinar los alimentos, agrupadas en los 3 grupos mencionados:

Tabla 2: Técnicas culinarias asociadas en distintos grupos dependiendo de que medio utilicen para su uso.

TÉCNICA CULINARIA	GRUPO		
	HÚMEDO	SECO	MIXTO
Hervido	X		
Cocción al vapor	X		
Baño María	X		
Escalfado	X		
Escaldado	X		
Cocción a presión	X		
Fritura		X	
Salteado		X	
Asado y gratinado al horno		X	
Asado a la parrilla y a la plancha		X	
Estofado			X
Guisado			X
Rehogado			X
Braseado			X

Fuente: Elaboración propia con información de Duarte et al. (2018) y de las Heras (2006)

Cada técnica proporciona un diseño diferente del alimento, según se busque. Si se quiere una capa dorada y crujiente, derivada de la unión de las proteínas y azúcares de los alimentos (Reacción de Maillard) (*Voyer & Alvarado 2019*) se opta por métodos de cocción secos como la fritura, el horneado, la plancha o brasas. Si por el contrario se prefiere un alimento blando como una zanahoria, se realiza un proceso de hervido, permitiendo la degradación de las paredes celulares (*Gutiérrez et al., 2019*) y la gelatinización del almidón (*Riera et al., 2021*).

No solo se originan efectos deseables. También se pueden inducir efectos tóxicos con la utilización de las diferentes técnicas. Según un informe del Comité Científico de la AECOSAN

(Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición) (*Jos et al., 2017*), al cocinar determinados alimentos ricos en almidón a unas temperaturas superiores a 120 °C, y baja o nula humedad (frituras y asados), se forma un compuesto orgánico llamado acrilamida, el cual está clasificado por la *Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) (2023)* como un probable cancerígeno en humanos.

Además de la acrilamida, también se forman sustancias cancerígenas como los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA) o compuestos cancerígenos que han sido hallados en productos cárnicos curados, pescados procesados, cacao, cerveza y otras bebidas alcohólicas, como son las nitrosaminas (*AESAN, 2023*). En la tabla 3 se puede ver la clasificación que tienen estos compuestos cancerígenos según la IARC:

Tabla 3: Clasificación de la sustancia química "acrilamida".

COMPUESTO	GRUPO	SIGNIFICADO DE GRUPO
<i>Acrilamida</i>	2A	"Probablemente carcinógeno para el ser humano" . Hay pruebas suficientes de que puede causar cáncer a los humanos, pero actualmente no son concluyentes.
<i>Benzopireno (HAP)</i>	1	"Carcinógeno para el ser humano" . Hay pruebas suficientes que confirman que puede causar cáncer a los humanos
<i>N-Nitrosodietilamina (nitrosamina)</i>	2A	"Probablemente carcinógeno para el ser humano" . Hay pruebas suficientes de que puede causar cáncer a los humanos, pero actualmente no son concluyentes.

Fuente: Elaboración propia con información de la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC), 2023

Con estas técnicas mencionadas, se pueden mejorar aspectos nutricionales, como puede ser el índice glucémico (IG). El IG es un método que clasifica los alimentos considerando el tipo de HC que contenga y como afecta a la glucemia postprandial (nivel de glucosa en sangre después de la ingesta de una comida) (*Manuzza et al., 2018*).

Ayudar a controlar el IG con técnicas culinarias es importante para todas las personas, especialmente a las que sufren diabetes. Según la *OMS (2023a)*, la diabetes es una enfermedad crónica que se presenta cuando el páncreas no secreta suficiente insulina o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce, por lo que se producen hiperglucemias (niveles excesivos de glucosa en sangre) que dañan gravemente muchos órganos y sistemas del organismo, sobre todo los nervios y los vasos sanguíneos. Los alimentos que pueden aumentar el riesgo de producir esta enfermedad, son sobre todo los que contienen en mayor proporción HC simples,

(*Sanhua et al. 2021*) que serían los dulces, la bollería industrial, almíbares o bebidas azucaradas entre otros muchos (*MedlinePlus, 2023a*).

Para terminar, hablar de Restauración Colectiva (RC) es hablar de un sector muy importante en España, ya no solo por la importancia económica que tiene, (según *Cabiedes & Miret (2019)*, en el año 2016 la producción de este sector ascendió a unos 93.000 millones de euros y más de 1,2 millones de personas empleadas), sino que cumplen una labor social, alimentando a personas que más lo necesitan en comedores sociales, cuidando las necesidades de enfermos en hospitales, dando de comer a los más pequeños en los comedores escolares o haciendo que las personas disfruten en un restaurante de una buena comida, entre otras (*de Diego Blanco, 2018*).

2. OBJETIVOS

En este trabajo se proponen dos objetivos principales:

- 1) Efectuar una revisión bibliográfica en la que se obtenga información sobre cómo afectan los tratamientos culinarios al IG de los alimentos y la importancia de la restauración colectiva como sector fundamental en la alimentación de la sociedad.
- 2) Realizar una elaboración gastronómica de un menú completo estándar (primer plato, segundo plato y postre) y realizar una adaptación de este menú al que se implementan mejoras que ayuden a regular el IG, según la revisión bibliográfica estudiada.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una primera parte de revisión bibliográfica a través de, tanto diferentes bases científicas como Scopus, PubMed, ScienceDirect, Scielo, Web of Science así como Google Scholar, y el buscador de Google para indagar en webs especializadas como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) o MedlinePlus, entre otras. Como palabras clave para la búsqueda se usó “*glycemic index*”, “*culinary techniques*”, “*starch*”, “*diabetes*”, “*collective catering*” además de diferentes alimentos en concreto como “*rice*”, “*potatoe*”, “*carrot*”, “*wheat*”, “*banana*” o “*apple*”. Se excluyeron por motivos económicos los artículos, revistas o libros de pago. Todos los artículos escogidos fueron en castellano, inglés o francés, y como fecha de publicación desde 2018 (en la medida de lo posible). Se obtuvo una salida de aproximadamente 500 artículos, que, tras su revisión se seleccionaron 100, de los que finalmente se utilizaron 75 para realizar este trabajo, los cuales 49 entran dentro del periodo de 2018-2023, y 28 páginas web, reuniendo un total de 103 citas.

Se realizó una segunda parte experimental, donde se contó con la colaboración de los profesores de la FP en Hostelería y Turismo del IES Cap de l’Aljub y sus instalaciones, como medida dentro del convenio de colaboración entre el IES Cap de l’Aljub y el Departamento de Tecnología

Agroalimentaria de la EPSO, UMH. En este caso se utilizaron materiales como vajillas, aparatos de cocina (sartenes, ollas, batidora, horno, fuegos, termómetros de cocina, etc.) y alimentos como arroz, patata, zanahoria, y frutas entre otros. Se realizó una comparativa entre platos estándar y platos cocinados utilizando la revisión bibliográfica para mejorar el IG y su aplicación en la Restauración Colectiva. Además, se redactaron fichas técnicas de cada plato con fotos para la comparativa. Se utilizó una cámara de fotos para hacer un reportaje fotográfico mientras se cocinaban los platos.

4. RESULTADOS

4.1. Conceptos básicos de Índice Glucémico y Carga Glucémica

El IG se define como el incremento y velocidad de la glucemia (glucosa en sangre) como respuesta a la ingesta de HC que contienen los diferentes alimentos. La *FAO* y *OMS* (1997), lo describieron como “*el área incremental bajo la curva de respuesta de glucosa en sangre de una porción de 50 g de carbohidratos de un alimento de prueba expresado como un porcentaje de la respuesta a la misma cantidad de carbohidratos de un alimento estándar tomado por el mismo sujeto*”.

Los alimentos con una cantidad variable de HC se pueden clasificar en una escala de IG. Según *Díaz et al. (2019)*, la escala de IG incluye valores desde el 0 hasta el 100, siendo el 100 la glucosa. Esta escala viene determinada por la velocidad de digestión y absorción de los HC a nivel gastrointestinal. HC con una rápida absorción dan lugar a altos valores de IG, mientras que aquellos de lenta absorción producen respuestas glucémicas más planas y en consecuencia bajos IG (*Ludwig, 2002*). En base al informe de *Fernández & Ramos (2021)*, la clasificación del IG sería la que vemos en la tabla 4:

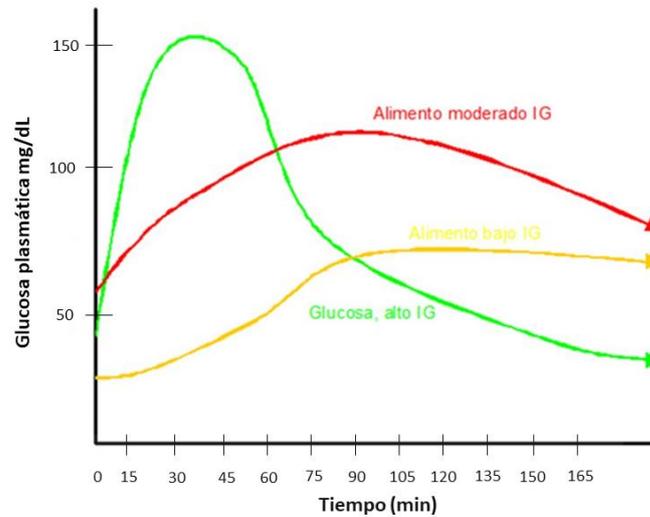
Tabla 4: Clasificación del IG en “alto”, “medio” y “bajo” dependiendo de la respuesta glucémica de los HC de los alimentos.

IG	VALOR
ALTO	≥ 70
MEDIO	56-69
BAJO	≤ 55

Fuente: Extraída y modificada de *Fernández & Ramos (2021)*

Gráficamente, las curvas glucémicas de estos IG serían los que se ven en la figura 2:

Figura 2: Curvas de la respuesta glucémica postprandial a alimentos con IG alto, moderado y bajo.



Fuente: Extraída y modificada de Ecomimarse (2023)

La Carga Glucémica (CG) se puede definir como la relación entre el IG y la cantidad de HC que contenga un alimento. Según Angarita-Dávila *et al.* (2017), esta CG se puede calcular de la siguiente manera:

$$CG = \frac{IG \times \text{gramos HC}}{100}$$

Podremos clasificar la CG de un alimento según Aldunce *et al.* (2022) en baja, media y alta, como se puede ver en la tabla 5:

Tabla 5: Clasificación de la CG en “alta”, “media” y “baja”, debido a la relación entre el IG y los gramos de HC.

CG	VALOR
ALTA	≥ 20
MEDIA	11-19
BAJA	≤ 10

Fuente: Extraída y modificada de Aldunce et al. (2022)

En las siguientes tablas (6, 7, 8, 9 y 10) se puede ver el IG y CG de varios alimentos agrupados por bloques y colores, según Atkinson *et al.* (2021), Universidad de Sydney (2023) y K. Menses, (2021). Estos colores quieren expresar el contenido “bajo” (verde), “medio” (amarillo) y “alto” (rojo) del IG y CG.

Tabla 6: Clasificación de frutas y frutos secos, y correspondencia de IG y CG divididos en colores.

	ALIMENTO	g de HC por cada 100 g de alimento	IG	CG
FRUTAS Y FRUTOS SECOS	Albaricoque	9,5	34	3,2
	Almendra	5,3	15	0,8
	Arándanos	6	25	1,51
	Castaña cruda	36,5	50	18,2
	Castaña tostada	39,7	65	25,8
	Dátil seco	69	70	45,5
	Granada	13,7	35	4,7
	Naranja	8,6	43	3,6
	Nueces	9	15	1,35
	Pasas	68	66	44,8
	Pipas de calabaza	20	25	5
Pipas de girasol	12,3	35	4,3	

Fuente: Elaboración propia con información de: Atkinson et al. (2021), Universidad de Sydney (2023) y K. Menses, (2021)

Tabla 7: Clasificación de verduras y hortalizas, y correspondencia de IG y CG divididos en colores.

	ALIMENTO	g de HC por cada 100 g de alimento	IG	CG
VERDURAS Y HORTALIZAS	Acelga	4,5	15	0,67
	Alcachofa	3	20	0,6
	Calabaza	5	75	3,75
	Espárrago verde	2	15	0,3
	Nabo crudo	4,6	30	1,4
	Nabo cocido	3	85	2,57
	Pimiento rojo	3,8	15	0,6
	Zanahoria	7	30	2,1
	Zanahoria hervida	7	85	2,8

Fuente: Elaboración propia con información de: Atkinson et al. (2021), Universidad de Sydney (2023) y K. Menses, (2021)

Tabla 8: Clasificación de cereales y tubérculos, y correspondencia de IG y CG divididos en colores.

	ALIMENTO	g de HC por cada 100 g de alimento	IG	CG
CEREALES Y TUBÉRCULOS	Arroz integral crudo	74,1	50	37,1
	Arroz blanco crudo	81,6	70	57,1
	Arroz blanco precocido	78,2	85	66,5
	Galletas tipo María	66,6	70	46,6
	Harina de arroz	76,3	70	53,5
	Harina de soja	14,2	25	3,57
	Harina de trigo o maíz	66,6	75	50
	Pan blanco	51,5	75	38,6
	Pan de espelta integral	47,2	45	21,2
	Pasta de trigo	70	60	42
	Pasta de trigo integral	70	40	28
	Patata cocida con piel	16	65	10,4
Patatas al horno	29,8	95	28,3	

Fuente: Elaboración propia con información de: Atkinson et al. (2021), Universidad de Sydney (2023) y K. Menses, (2021)

Tabla 9: Clasificación de legumbres, y correspondencia de IG y CG divididos en colores.

	ALIMENTO	g de HC por cada 100 g de alimento	IG	CG
LEGUMBRES	Garbanzo crudo	50	35	17,5
	Lentejas en crudo	50	25	12,5
	Lentejas cocidas	54,8	30	16,4
	Soja seca cruda	33,3	15	5
	Habas frescas	58,9	15	8,8
	Habas secas	24	50	12

Fuente: Elaboración propia con información de: Atkinson et al. (2021), Universidad de Sydney (2023) y K. Menses, (2021)

Tabla 10: Clasificación de lácteos, y correspondencia de IG y CG divididos en colores.

	ALIMENTO	g de HC por cada 100 g de alimento	IG	CG
LÁCTEOS	Leche desnatada	5	37	1,85
	Leche en polvo	38,1	30	11,43
	Bebida de arroz	11,2	85	9,5
	Bebida de almendra	3	30	0,9
	Queso fresco	2,5	30	0,8
	Yogur natural desnatado	5	35	1,75

Fuente: Elaboración propia con información de: Atkinson et al. (2021), Universidad de Sydney (2023) y K. Menses, (2021)

Cereales, y tubérculos son los grupos de alimentos que mayor IG y CG tienen. Por el contrario, frutas y verduras son los que menor IG y CG tienen.

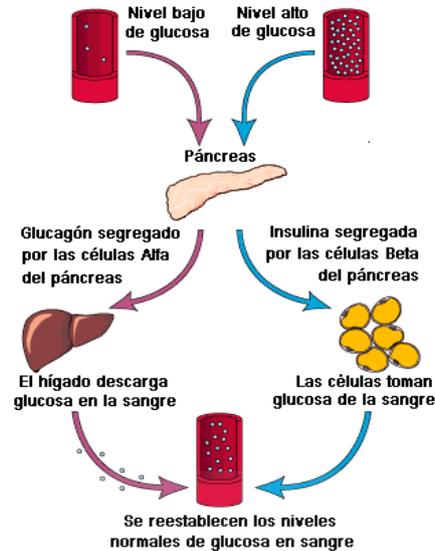
4.2. Efectos de los niveles de glucosa en sangre y el papel del IG y CG.

La glucosa es el principal azúcar que se transporta por la sangre para poder llevarla a las células del cuerpo humano y así poder obtener energía para realizar todas las funciones, vitales y no vitales. La vía principal de obtener este azúcar es a través de los alimentos que se ingieren, y son los que se tienen que regular para que el torrente circulatorio haya mayor o menor cantidad de este azúcar. La reserva de energía se almacena en el hígado y tejido muscular en forma de glucógeno (polímero ramificado de glucosa) (Alonso et al., 2019).

Se pueden encontrar dos casos en los que se tenga un exceso (hiperglucemia) o un defecto (hipoglucemia) de glucosa en la sangre. Aquí entran en acción dos hormonas que van a incrementar o reducir la glucosa en el torrente circulatorio, y estas son respectivamente el glucagón y la insulina.

El organismo está provisto de mecanismos para regular estos dos casos, como se puede ver en la figura 3 que ofrece la *Guía de alimentación y salud. Alimentación en las enfermedades: Diabetes*. UNED. (2023):

Figura 3: mecanismo de restablecimiento de los niveles normales de glucosa en sangre a través del glucagón o insulina.



Fuente: Guía de alimentación y salud. Alimentación en las enfermedades: Diabetes. UNED. (2023)

Según Milán *et al.* (2016), el valor de la glicemia normal (normoglicemia) va desde 70 a 100 mg/dL, aunque después de comer, la concentración de glucosa en sangre alcanza valores de 130 a 150 mg/dL.

Saber que, un exceso de glucosa en sangre es perjudicial y podría desencadenar enfermedades como la diabetes mellitus, por lo que el papel del IG y CG en personas con esta enfermedad es muy importante.

4.3. Enfermedades en relación con la glucosa en sangre.

Personas expuestas a niveles altos de glucosa pueden desencadenar enfermedades como la diabetes mellitus (1 y 2), que a su vez es un factor de riesgo para otras enfermedades como pueden ser afecciones cardiovasculares, las cuales se pueden incrementar de 2 a 4 veces (diabetes mellitus 2), problemas en los ojos, vasos sanguíneos y riñones (OMS, 2023a).

Según la IDF (*International Diabetes Federation*) (2021), estos son los datos que se manejan en relación con la diabetes mellitus en todo el mundo en el año 2021:

- 1 de cada 6 nacidos, lo que supone unos 21 millones de bebés, se ven afectados por la diabetes durante el embarazo.
- Más de 1,2 millones de niños y adolescentes de entre 0 y 19 años, viven con diabetes tipo 1.
- 541 millones de adultos tienen un mayor riesgo de desarrollar diabetes tipo 2.

- Unos 537 millones de adultos de entre 20 a 79 años viven con diabetes.
- Se prevé que el número total de personas que viven con diabetes aumente a 643 millones para 2030 y 783 millones para 2045.
- 3 de cada 4 adultos con diabetes viven en países de bajos y medianos ingresos.
- Casi 1 de cada 2 (240 millones) adultos que viven con diabetes no se les ha diagnosticado la enfermedad.
- La diabetes provocó un gasto en materia de salud de al menos 966 mil millones de dólares, lo que supone el 9% del gasto total en adultos.
- La diabetes causó 6,7 millones de muertes en 2021.

Según informes epidemiológicos, indican que más de un millón de amputaciones se realizan en personas con diabetes cada año, esto equivale a una amputación por diabetes en algún lugar del mundo cada 30 segundos, y estas cifras van *in crescendo* (Rojo et al., 2021).

En la figura 4 (*IDF Atlas de la Diabetes, 2023*) se representa visualmente la cantidad de personas que han sido afectadas por la diabetes por continentes y subcontinentes en el año 2021, así como la progresión que tendrá esta enfermedad hasta 2045 en la figura 5 (*EpData, 2023*). Como se puede observar, el Pacífico Occidental es la zona que más prevalencia y afectados tiene en todo el mundo. Esto se debe al estilo de vida que llevan en esos países, sedentarismo, obesidad y mal estilo de alimentación con mucha comida procesada (muchos azúcares, grasas, muy calóricas, etc.)

Figura 4: Cifras de diabetes alrededor del mundo en el año 2021, agrupados por continentes y subcontinentes

Diabetes alrededor del mundo en 2021

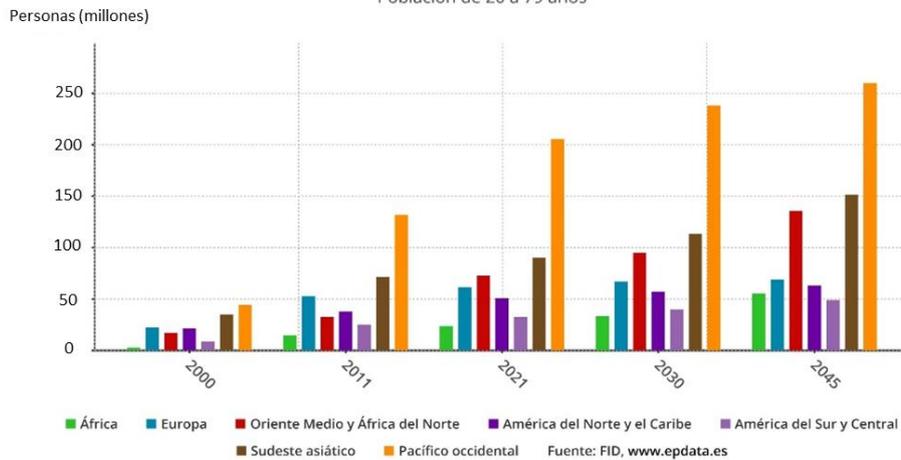


Fuente: Extraída y modificada de IDF Atlas de la Diabetes (2023)

Figura 5: Evolución de la prevalencia de diabetes por continente y proyecciones futuras en una población de 20 a 79 años.

Evolución de la prevalencia de diabetes por continente y proyecciones futuras

Población de 20 a 79 años



Fuente: Extraída y modificada de EpData (2023)

En España, según el *Informe de la Diabetes en España 2000-2045 (2021)*, las cifras de la diabetes en 2021 fueron de 5,1 millones de personas, pero estas cifras, al igual que en el resto del mundo aumentarán, como se puede ver en la tabla 11. No es casualidad que las cifras vayan aumentando año tras año, y es que hay factores que aumentan esta enfermedad como el estrés laboral y personal, sedentarismo, la malnutrición y auge de la comida rápida y bebidas azucaradas (edulcoradas) y energéticas, las cuales, la OMS ha desaconsejado por el uso de los edulcorantes, ya que pueden tener efectos no deseables a largo plazo como la diabetes, enfermedades cardiovasculares o mortalidad en adultos (*Uso de los edulcorantes no azucarados. Guía de la OMS, 2023b*). Hay que señalar que, a partir del año 2021 se están estabilizando más los casos de diabetes, por campañas de prevención, así como unas buenas recomendaciones en las consultas de atención primaria, un cambio en el estilo de vida, etc., según *Magliano et al. (2021)*.

Tabla 11: Datos sobre la evolución de la diabetes por millones de habitantes en España desde el año 2000 al año 2045

	AÑO				
	2000	2011	2021	2030	2045
ESTIMACIÓN DE LA DIABETES EN MILLONES (20-79 años de edad)	2,018	2,804	5,141	5,576	5,647

Fuente: Extraída y modificada con información del Informe de la diabetes en España 2000-2045 (2021)

Para diferenciar la diabetes mellitus tipo 1 y tipo 2, la OMS (2023a) las califica de la siguiente manera:

- ***DIABETES MELLITUS TIPO 1***: se caracteriza por una producción deficiente de insulina, ya que, según el artículo de *Jara et al. (2018)*, el sistema inmunitario ataca y destruye las células del páncreas que la producen, y requiere la administración diaria de esta hormona. En 2017 había 9 millones de personas con diabetes de tipo 1, la mayoría de las cuales vivía en países de renta alta. Hoy por hoy aún se desconoce la causa de este tipo de diabetes y tampoco se sabe cómo prevenirla, aunque puede estar relacionada con causas genéticas y ambientales.

Entre los síntomas de esta diabetes, según la FEDE (*Federación Española de Diabetes*), se incluyen:

- Poliuria (mayor producción de orina, por lo que la necesidad de miccionar aumenta)
 - Polidipsia (aumento desproporcionado de la sensación de sed)
 - Polifagia (aumento desproporcionado de la sensación de hambre)
 - Fatiga
 - Pérdida de peso
 - Visión borrosa
 - Infecciones del tracto urinario, genitales, piel o encías
 - Heridas con mayor tiempo de curación
- **DIABETES MELLITUS TIPO 2**: se debe a una utilización ineficaz de la insulina por el organismo, ya que los adipocitos, los hepatocitos y las células musculares no responden de manera correcta a dicha insulina. Esto se denomina resistencia a la insulina. Como resultado de esto, el azúcar de la sangre no entra en estas células con el fin de ser almacenado como fuente de energía (*MedLinePlus: Diabetes tipo 2, 2023b*). Más de un 95% de las personas con diabetes presentan la de tipo 2, que se debe en gran medida al exceso de peso y a la inactividad física.

Los síntomas pueden parecerse a los de la diabetes de tipo 1, incluyendo el hormigueo o entumecimiento de las extremidades, pero son a menudo menos intensos, por lo que puede ocurrir que la enfermedad sea diagnosticada varios años después de que se manifiesten los primeros síntomas, cuando ya han surgido complicaciones.

Hasta hace poco, este tipo de diabetes solo se observaba en adultos, pero en la actualidad se da cada vez con más frecuencia en niños. Este tipo de diabetes se podría reducir, entre otros factores, con un estilo de vida saludable (buena alimentación, evitar el sedentarismo, etc.) y concienciando a los niños desde pequeños, a través de formaciones en los colegios, cursos, etc., ya que cada vez se alimentan peor.

4.4. Elementos de cambio en el IG

El IG depende de varios factores en un alimento (natural o procesado) que hacen que ese IG incremente o disminuya. Entre estos factores físicos y químicos se encuentran: técnicas de procesamiento (molienda, entre otros), de tipo culinario (calor, agua y tiempo de preparación), estructura del almidón (amilosa y amilopectina), contenido de fibra, tipo de HC, contenido de grasas, etc. (*Arteaga, 2006*).

El almidón es uno de los HC más importantes que repercute de lleno en el IG. A parte del almidón, se pueden ver como otros factores también afectan al aumento del IG. Esto se recoge en la tabla

12, según Arteaga (2006), Lu et al. (2023), Radulian et al. (2009) y Salluca & Ajllahuanca-Callisaya (2022):

Tabla 12: Resumen de los factores que influyen en que aumente o disminuya el IG de un alimento o una combinación de ellos.

FACTORES	EFEECTO
<u>Tamaño de las cadenas de hidratos</u>	<i>Cuanto menor sean las cadenas o partículas, mayor será su absorción y por tanto el IG aumentará. Con esto se quiere decir que los HC simples tendrán in IG mayor que los HC complejos (salvo excepciones).</i>
<u>Gelatinización, retrogradación de los gránulos de almidón y almidón resistente.</u>	<i>A mayor gelatinización de los gránulos de almidón, mayor IG tendrá el alimento (recomendar, por ejemplo, pastas al dente para diabéticos). Enfriar comidas como el arroz o la patata hacen que el almidón gelatinizado cristalice formando almidón resistente (AR) y bajando el IG.</i>
<u>Relación amilosa-amilopectina</u>	<i>El IG será mayor en un alimento cuya relación amilosa-amilopectina esté descompensada a favor de la amilopectina.</i>
<u>Relación de nutrientes y ácidos</u>	<i>Mezcla con los diferentes nutrientes como pueden ser grasas, proteínas o fibra. Estos macronutrientes tienden a ralentizar el vaciado gástrico, por lo que el IG será menor. Las interacciones entre los diferentes componentes pueden afectar la estructura del almidón, alterando así sus propiedades digestivas. Los ácidos como el acético pueden inhibir enzimas del intestino, disminuyendo el IG.</i>
<u>Tratamientos culinarios y mecánicos</u>	<i>Tratamientos térmicos en el cocinado de los alimentos hacen que el almidón cambie su estructura (la temperatura y el tiempo de cocción van a jugar un papel muy importante en la subida del IG). Tratamientos mecánicos como el triturado repercute en que el tamaño de partícula de los HC sea más pequeño y pueda ser tratada por las enzimas más fácilmente, aumentando el IG.</i>
<u>Maduración del alimento</u>	<i>A mayor maduración, el almidón se convierte en un azúcar de cadena corta, por lo que la digestión será más rápida y su IG será mayor.</i>

Fuente: Elaboración propia con información de Arteaga (2006), Lu et al. (2023), Radulian et al. (2009) y Salluca & Ajllahuanca-Callisaya (2022)

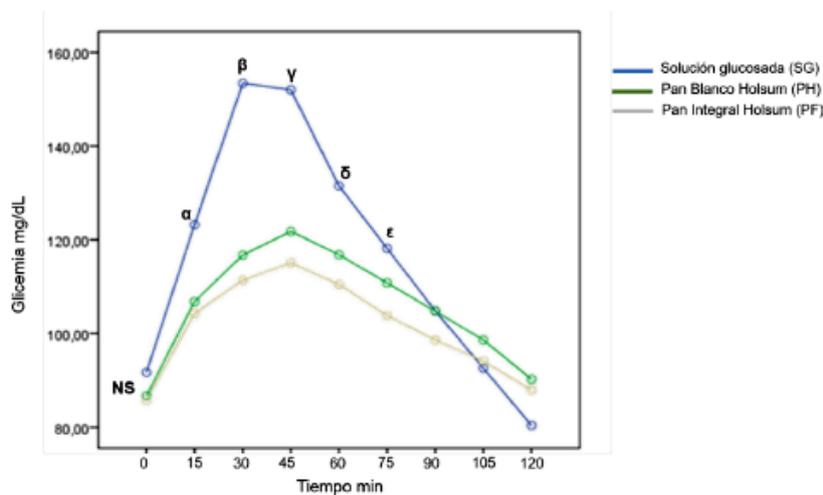
4.5. Tamaño de las cadenas de HC

Se puede dividir los HC en dos grupos en función de su estructura. En primer lugar, se tienen HC simples o de cadena corta (azúcares como la glucosa o fructosa) y complejos o de cadena larga (almidones y fibra) (Chandel, 2021). Rodríguez (2004), comenta que, en primer lugar, los HC simples se absorben rápido por el intestino delgado e induce un aumento en la glucemia sanguínea, seguida de una brusca bajada (hipoglucemia) debido a la acción de la insulina. En segundo lugar, los HC complejos, se absorben más lentamente debido a su estructura múltiple, evitando un aumento excesivo de la glucemia y no provocando picos bruscos ni un efecto rebote de hipoglucemia, ya que la insulina actúa en menor proporción.

Esto se interpreta como que hay una relación entre el IG y el tamaño de las cadenas de HC. Se puede afirmar que un alimento con altos niveles de HC simples tendrá un IG mayor, y por el contrario, un alimento con altos niveles de HC complejos tendrá un IG menor.

Según Angarita-Dávila *et al.* (2016) y su estudio donde compara la curva glucémica de una sustancia de glucosa (HC simple) y dos alimentos como el pan blanco y pan integral (mayor HC complejos), se puede ver la relación entre el tamaño de cadena de los HC y el IG (figura 6). La curva de los HC simples genera un pico glucémico alto que al tiempo baja bruscamente por efecto de la insulina, bajando bastante los niveles de glucosa en sangre. En cambio, la curva de los HC complejos se mantiene en unos niveles normales durante más tiempo. Se estima (en los picos de glucemia) que entre la solución de glucosa y el pan blanco Holsum, hay una reducción de la glucemia en sangre de un 21,53 %, y entre la solución de glucosa y el pan integral Holsum hay una reducción de la glucemia en sangre de un 25,32 %. Si se comparan los dos tipos de pan, la reducción del pan blanco Holsum y el pan integral Holsum en su pico de glucemia en sangre es de un 5 % a favor del integral.

Figura 6: Respuesta glucémica a dos tipos de pan (blanco e integral) y a una solución de glucosa.



Fuente: Angarita-Dávila (2016)

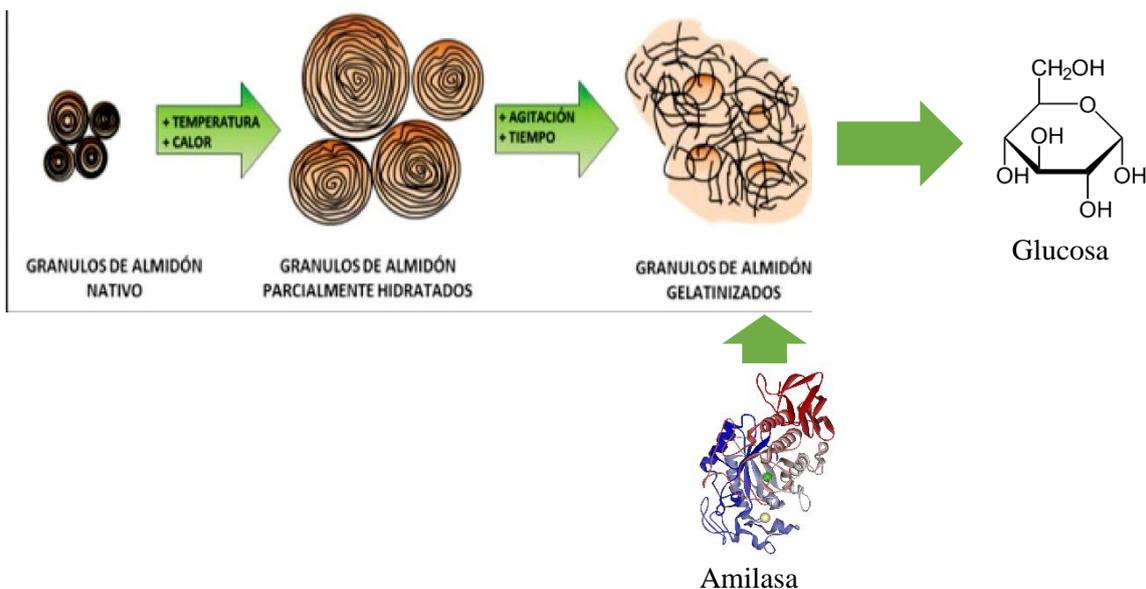
Según *Gómez et al. (2022)*, un exceso de alimentos con HC simples puede aumentar la prevalencia de enfermedades como la obesidad, diabetes, e incluso un aumento de la lipogénesis en el hígado. Por otra parte, la administración de HC complejos en la dieta genera una disminución en el riesgo de sufrir obesidad, hipercolesterolemia, diabetes, entre otras.

Decir, que hay excepciones como la fructosa. La fructosa es un HC simple, pero que en comparación con la glucosa (IG = 100), tiene un IG mucho menor (IG = 20) (*Guía de Índice Glucémico, 2023a*). Esto ocurre porque la fructosa se transporta de manera independiente a la insulina y se dirige hacia el hígado para ser utilizada, retardando su digestión y por lo tanto reduciendo el IG (*Alcántara et al. 2021*). Además, según el estudio de *Heacock et al. (2002)*, la administración de una pequeña cantidad de fructosa (como la que tienen las frutas) 30 o 60 minutos antes de un ejercicio de 50 g de HC de alto nivel glucémico, reduce la respuesta glucémica postprandial.

4.6. Gelatinización, retrogradación del almidón y AR

Un caso muy importante es la gelatinización del almidón en productos que contienen muchos HC como puede ser una patata. El almidón se compone de amilosa y amilopectina. Según *T. Najib et al. (2023)*, el proceso de gelatinización ocurre porque al calentar los gránulos de almidón a una temperatura específica y en presencia de agua, causa una hinchazón irreversible del gránulo de almidón y una transición de orden a desorden de las cadenas de amilosa y amilopectina. En este momento, la amilasa es más susceptible de atacar a los dos componentes del almidón, y como la amilopectina tiene una estructura más lineal, se digiere antes produciendo glucosa (figura 7).

Figura 7: Representación de la gelatinización del almidón y acción de la amilasa para convertir los gránulos de almidón gelatinizados en glucosa.

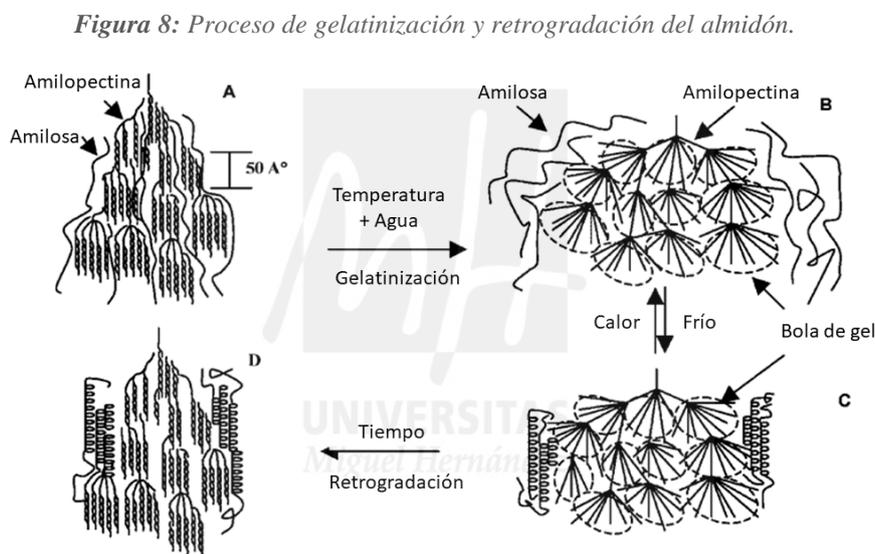


Fuente: Extraída y modificada de Villarroel (2018)

Se puede afirmar, que, según *Eleazu (2016)*, con lo anterior citado, una mayor gelatinización del almidón aumenta el IG del alimento en cuestión.

Por otra parte, según *Solarte et al. (2019)*, la retrogradación del almidón cita el comportamiento de recristalización del almidón gelatinizado durante una bajada de temperatura y conservación, acompañado por un endurecimiento y sinéresis de la red del almidón. Al endurecerse (gran parte por la amilosa), las enzimas no pueden hidrolizar el almidón con tanta facilidad, y en este caso se le denominará AR, por lo que no se transformará en gran medida en glucosa y por lo tanto el IG será más bajo (*Ojeda et al. 2018*).

En la figura 8 (*Yu & Christie. 2005*), se puede apreciar el proceso de gelatinización y retrogradación del almidón en base de variables como temperatura y tiempo:



Fuente: Extraída y modificada de Yu & Christie (2005)

El AR es un tipo de almidón el cual pasa por el intestino delgado sin verse afectado por su resistencia a la hidrólisis de las enzimas. Una vez pasado el intestino delgado, llega al intestino grueso y gracias a la microbiota se fermentan en ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como el butirato (*Olayo et al. 2021*), relacionado con la reducción de la inflamación, reducción del riesgo de cáncer de colon, mejora de la función de barrera intestinal y retardo del vaciado gástrico, por lo que el IG se verá disminuido. (*DeMartino & Cockburn. 2020*). Hay otros AR que son parcialmente fermentables y son prácticamente excretados intactos (*García Peris et al. 2007*).

Según *Salazar-Acosta (2018)*, el AR se puede clasificar en 4 tipos, dependiendo del origen que tenga. En la tabla 13 se pueden ver cuáles son sus características:

Tabla 13: Clasificación de los AR y sus características

TIPO AR	CARACTERÍSTICAS
<i>I</i>	El almidón es inaccesible en la matriz del alimento porque está protegido por paredes celulares. Encontrado en parcialmente molidos de legumbres, cereales y semillas
<i>II</i>	El almidón nativo está presente en forma de gránulos en el interior de la célula vegetal, con una gran parte de amilosa. Actúa como AR en crudo. Presente en alimentos como la patata, plátano o yuca.
<i>III</i>	Almidón retrógrado. Formado por un calentamiento y posterior enfriamiento del alimento (alta humedad). La amilosa es la molécula principal para que se de este tipo de AR. La amilosa se vuelve una doble hélice que no deja entrar con facilidad a las enzimas del intestino.
<i>IV</i>	Se trata de un almidón modificado químicamente por eterización o esterificación, inaccesible para las enzimas. Es un almidón artificial.

Fuente: Elaboración propia con información de Salazar-Acosta, 2018

Un ejemplo para reducir el IG en un alimento gracias a la retrogradación del almidón sería hervir arroz o patatas (o cualquier alimento o plato que contenga un contenido alto de HC) y dejarlas almacenadas a, según *Tasiguano et al. (2019)*, temperatura de refrigeración (4-5°C) durante 24 horas. En este tiempo, la amilosa ha cristalizado y ha transformado el almidón digerible en AR, el cual mejorará el IG.

Se puede abrir un nicho de mercado y de I+D+i en el que se aísle el almidón resistente y se utilice como añadido en productos de alto IG y así poder reducirlo. Hoy en día se está empezando a utilizar, pero con fines texturales, como la mejora de la dureza, cohesividad o elasticidad de productos como magdalenas.

4.7. Relación amilosa-amilopectina

El almidón está formado por amilosa y amilopectina (*Cornejo et al. 2018*). Según *Monroy-Arellano et al. (2020)*, la amilosa es un polímero de unidades de glucosa las cuales están unidas por enlaces glucosídicos α (1-4). Su estructura es lineal, pero tiende a formar estructuras helicoidales que le permite introducir átomos de hidrógeno dentro de la hélice, confiriendo una propiedad hidrofóbica que tiende a crear complejos con ácidos grasos, entre otros.

Por otra parte, la amilopectina es un polímero lineal-ramificado de glucosa, la cual está unida por enlaces glucosídicos α (1-4) y ramificaciones con enlaces α (1-6) cada 24-30 residuos de glucosa (Ochoa *et al.* 2021).

Según Galiano (2006), del IQB (Instituto Químico Biológico), la amilopectina, al tener una estructura más lineal, las enzimas (amilasas) pueden atacarla y degradarla mucho mejor que la amilosa (estructura helicoidal), por lo que un alimento con alta proporción en amilopectina va a tener un IG más alto.

Esto se ratifica según Riley *et al.* (2004), que conforme a su estudio, afirma que almidones con bajo contenido de amilosa son degradados en mayor porcentaje que los almidones con alto contenido de amilosa (tabla 14). Siguiendo esta relación, al ser más digeribles, tendrán un IG mayor.

Tabla 14: Relación entre la degradación del almidón y el contenido en amilosa en diferentes muestras de ñame.

Muestra de ñame	Degradación del almidón (%)	Contenido de amilosa (%)
Ñame amarillo de hoja redonda	13,74 \pm 0,03	26,5
Ñame dulce	15,32 \pm 0,04	21
Ñame chino	21,27 \pm 0,01	11,1
Ñame negro	14,98 \pm 0,08	22,1
Ñame amargo	18,11 \pm 0,02	11,9

Fuente: Extraída y modificada de Riley et al. (2004)

Por último, un gran porcentaje de amilosa será importante para la retrogradación del almidón y su transformación en AR, el cual ayuda a bajar la glucemia en sangre, como hemos visto en el punto anterior.

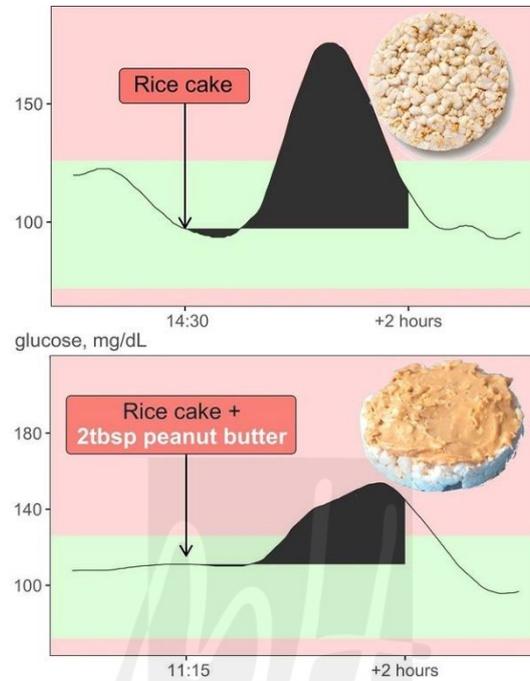
4.8. Relación de nutrientes y ácidos.

Los HC son el grupo de nutrientes que afectan directamente al IG, pero hay otros como las proteínas o la grasa que pueden incidir en un cambio en la glucosa en sangre postprandial cuando se combinan con los HC.

Según González *et al.* (2021), proteínas y grasas provocan un retraso en el vaciado gástrico. Este proceso incita un enlentecimiento del paso del quimo a través del estómago hacia el intestino delgado, inducido por la liberación de hormonas en respuesta a la composición de estos nutrientes en el quimo. A parte, las proteínas inducen una acción de la insulina, reduciendo el IG.

HC complejos como la fibra también retrasan el vaciado gástrico, por lo que una combinación de estos nutrientes con alimentos con gran contenido en HC simples, reducen su IG al absorberse más lentamente, como se puede ver en el ejemplo de la figura 9 (Suma Positiva, 2022).

Figura 9: Curva glucémica de una torta de arroz (HC) y una torta de arroz con mantequilla de cacahuete (HC + grasas).

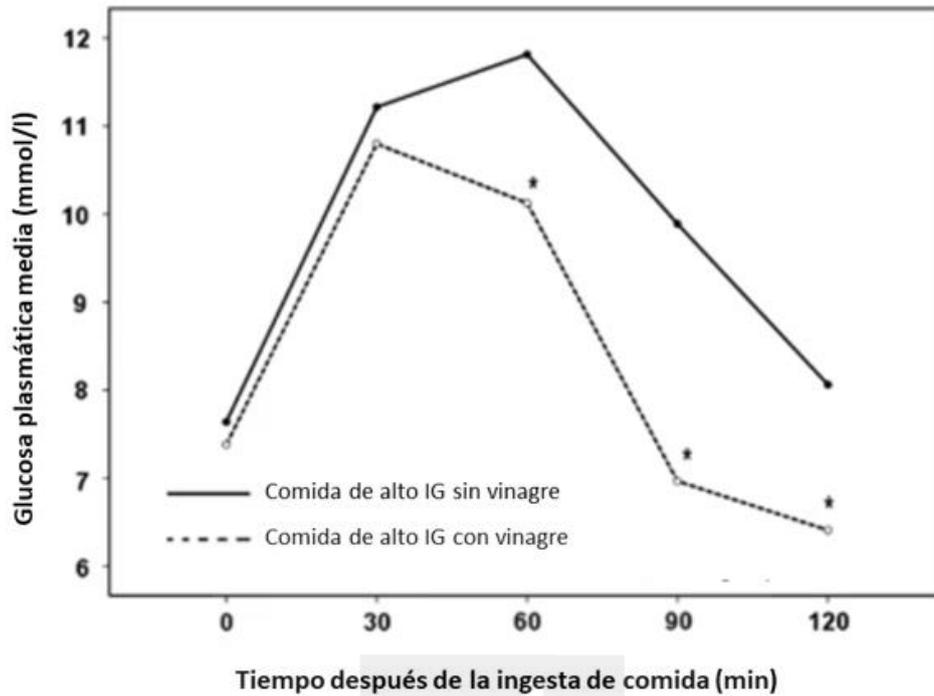


Fuente: Suma Positiva (2022)

Por otro lado, la adición de ácidos también modifica el IG. Según el estudio de *Liatis et al. (2010)*, personas que fueron alimentadas con alimentos con alto IG + vinagre, modificaron su glucosa en sangre a la baja, como se puede ver en la figura 10. Esto se podría deber a una inhibición de las disacaridasas del intestino delgado (*Ogawa et al. 2000*). Según *Brighenti et al. (1995)*, la adición de ácido acético en forma de vinagre a un pan redujo en un 31,4 % la respuesta de la glucosa en comparación con la ingesta de solamente pan.

Ideas para modificar el alto IG de un alimento podría ser aliñar vinagre a las ensaladas o añadirlo al agua de cocción cuando se hierve un alimento con alto IG como puede ser el arroz blanco, pasta, patatas, entre otras.

Figura 10: Respuesta glucémica a una comida con alto IG con vinagre (----) y sin vinagre (—).



Fuente: Extraída y modificada de Liatis et al. (2010)

4.9. Tratamientos culinarios y propiedades fisicoquímicas.

Los tratamientos culinarios en los alimentos van a cambiar la estructura interna y externa de estos, provocando cambios fisicoquímicos y organolépticos.

El molido de un cereal o cualquier alimento que contenga HC, aumenta también el IG, ya que cuando se tritura, las partículas de almidón aumentan su superficie expuesta y se vuelven más finas por lo que se facilita la hidrolización por las enzimas. En las figuras 11 y 12 se puede ver el IG de un mismo alimento, la diferencia está en el tamaño de sus partículas, pequeñas para la harina de maíz y más grandes para el maíz crudo.

Figura 11: IG y CG de la harina de maíz.

Harina de maíz



Nombre	Valor	Nivel
Índice glucémico	70.0	●
Carga glicémica	53.8	●

Fuente: Guía de Índice Glucémico (2023b)

Figura 12: IG y CG del maíz amarillo crudo

Maíz amarillo



Nombre	Valor	Nivel
Índice glucémico	65.0	●
Carga glicémica	10.1	●

Fuente: Guía de Índice Glucémico (2023c)

La masticación reduce el tamaño de partícula, teniendo el mismo impacto que el molido (reducción del tamaño de partícula). Se puede decir que, a mayor tiempo de masticación, el IG podría aumentar.

Esto no solo pasa con procesos como el molido. Convertir una pieza de fruta en zumo, ocasiona que el tamaño de partícula de los HC sea más pequeño y por lo tanto sean más asimilables (*El Farmacéutico, 2018*).

Las técnicas culinarias afectan a las propiedades físicas y químicas de los alimentos, sobre todo las que utilizan calor, como las que se van a referir. Cuanto más cocinemos un alimento, como hemos visto en el punto 4.6., mayor será su IG, ya que el almidón estará más disponible para las enzimas. Un ejemplo para controlar este IG en una comida sería hervir la pasta y dejarla “*al dente*”, ya que el almidón no gelatiniza en tal alta proporción y el IG no va a ser tan alto.

Se pueden agrupar las distintas técnicas en dos grupos, según la temperatura y de si utilizan agua en su cocción. Estos dos grupos son los que están recogidos en las tablas 15 y 16:

Tabla 15: Temperaturas para cada técnica culinaria en medio húmedo.

MEDIO HÚMEDO	
TÉCNICA	Tª (°C)
Escalfado	65-90
Escaldado	70-100
Estofado (mixta)	95
Guisado (mixta)*	95
Microondas	100
Baño María	100
Hervido	100
Cocción al vapor	≈100 °C
Braseado (mixta)*	110
Cocción a presión	120

Fuente: Elaboración propia con información de Larousse Cocina (2020), Achón et al. (2018), Xiao et al (2017)

Tabla 16: Temperaturas para cada técnica culinaria en medio seco.

MEDIO SECO	
TÉCNICA	T ^a (°C)
Rehogado (mixta)*	100
Fritura	140
Salteado	160-200
Asado y gratinado al horno	160-250
Fritura profunda	170
Asado a la plancha	180-250
Asado a la parrilla	200-350

Fuente: Elaboración propia con información de Achón et al (2018), Ruíz (2022).

* Mixta ya que utiliza en el caldo de cocción agua y una grasa para su cocinado. Los que están en medio acuoso utilizan más agua que grasa, y el del medio seco al revés.

Se va a ver algunas de las características nutricionales y generales de las técnicas más utilizadas como pueden ser el hervido, cocción al vapor, guisado y estofado, y fritura y asado, según Achón et al. (2018) y Nieto (2014).

4.9.1. Cocción húmeda

A) Hervido

En cuanto al hervido, se puede diferenciar en hervido por expansión o dilución y hervido por expansión atenuada, dependiendo si el líquido de cocción una vez se introduce el alimento está frío o caliente respectivamente. Aquí vemos sus características:

❖ *Hervido por expansión o dilución:*

- Los alimentos se incorporan al recipiente en agua fría.
- Se favorece la ósmosis y la difusión, y, por ende, la transmisión de elementos sápidos y aromas hacia el líquido de cocción.
- El líquido se enriquece con sales minerales, vitaminas, proteínas solubles, aminoácidos, etc.
- Buen método para obtener caldos y fondos.
- Se utiliza para la cocción de patatas, legumbres y pescados, para obtener fondos o caldos blancos y oscuros y fumet de pescado. Los alimentos pobres en agua se rehidratan y aumentan de volumen.

❖ *Hervido por expansión atenuada:*

- Para obtener mayor calidad del alimento, al contrario que en la de dilución.
- Coagulación inmediata de las proteínas superficiales del alimento (sellado), que impide o dificulta la ósmosis y difusión, por lo que los elementos sápidos y aromáticos se mantienen en el alimento y mejora la calidad organoléptica del producto.
- Buen método para la cocción de verduras, hortalizas, pastas, arroces, huevos, pescados azules, crustáceos y piezas de carne.
- Ventajas en alimentos de origen vegetal, como el acorte de tiempo de cocinado, mantenimiento del color verde, evita que se endurezcan y preserva el contenido de vitaminas y minerales.

Se puede concluir que para obtener un IG menor se utilizará el hervido por expansión atenuada, ya que el tiempo de cocinado es menor. Al ser más corto el proceso, la gelatinización será menor y el IG se reducirá en comparación al hervido por dilución.

B) Cocción al vapor

La cocción al vapor consiste en cocer los alimentos por condensación y convección del vapor de agua caliente. Sus características son:

- Evaporación del agua líquida a gas y condensación del gas en la superficie del alimento, generando así una cocción rápida en su superficie y manteniendo la temperatura eficazmente.
- Técnica que conserva muy bien los nutrientes, ya que no se encuentran sumergidos en líquidos y se limita el proceso de ósmosis (se conserva gran parte de vitaminas y minerales). La fibra alimentaria se vuelve más digestiva. No requiere de adición de grasa, por lo que el valor calórico no se ve incrementado.
- Se utiliza en gran medida en verduras y hortalizas, aunque también se pueden cocer al vapor pescados y carnes. Al limitarse la ósmosis, la calidad organoléptica del producto final mejora.

Es un buen método para no aumentar en exceso el IG, ya que es un proceso corto, aunque la temperatura, en comparación con el hervido, es más alta. Se limitan las pérdidas de nutrientes, por lo que alimentos con contenido en grasa y proteínas cocinados al vapor serán buenas opciones para introducirlos en alimentos con gran cantidad de HC y así poder reducir su IG.

4.9.2. Cocción mixta

A) Guisado y estofado

Estos métodos consisten en cocer diferentes ingredientes (carnes y verduras principalmente) en agua y grasa, previamente rehogados. Sus características son:

- Proporcionar los alimentos de grasas con alta calidad nutricional, ya que se produce entrada de esta en los alimentos durante el proceso.
- Cocción a fuego lento para que se produzca una buena gelatinización del colágeno en los productos animales y su calidad organoléptica sea mayor.
- El caldo de cocción se concentra de compuestos sápidos de los alimentos en cuestión.
- Una pequeña diferencia entre estos dos métodos es que el guiso es más acuoso, ya que se le proporcionan líquidos como vinos o caldos, y el estofado simplemente se cuecen los ingredientes en su propio jugo.
- Por acción del calor se pierden entre un 10 y 20 % de las vitaminas del grupo B y C.

Se pueden sacar conclusiones sobre el IG como que, al cocinar a fuego lento, se aumenta mucho el tiempo de cocinado y la gelatinización del almidón se verá incrementada. Decir que las temperaturas de cocción son menores a las que hemos visto en la cocción húmeda, por lo que se podría compensar ese incremento del tiempo con una temperatura menor en el IG. En los guisos y estofados se les suele añadir alimentos con grasa y proteína como pueden ser carnes de pollo, pavo, ternera o cerdo, además de ingredientes con fibra como legumbres o verduras. Estos alimentos reducen el IG de los que se componen de HC en su mayoría.

4.9.3. Cocción seca

A) Fritura

La fritura es un método de cocción a altas temperaturas, que lo que busca es crear una capa dorada y crujiente en el exterior del alimento, dotando así de una calidad organoléptica diferente a la cocción húmeda. Sus características son:

- Se cocina en una base lipídica
- Se puede hablar de fritura superficial y profunda dependiendo del recipiente y el nivel de aceite del que dispongamos para freír. Una fritura profunda alcanzará temperaturas más elevadas, un menor tiempo de cocción y un dorado uniforme.

- Se produce una transferencia de masa, en el que el aceite recibe en mayor medida agua del alimento (en menor medida grasas, carbohidratos, proteínas y vitaminas) y el alimento absorbe el propio aceite. Si se quiere reducir esa absorción de aceite al alimento, lo debemos introducir en el aceite cuando este muy caliente para que la costra se haga lo más rápido posible y no pueda penetrar tanto aceite y que salga tanta humedad, así el alimento será más jugoso.
- Despreciables pérdidas de vitaminas y minerales por lixiviación, pero sí por las temperaturas elevadas de cocción.
- Se producen reacciones de pardeamiento como la caramelización del almidón o la reacción de Maillard.
- Técnica de cocción muy calórica, ya que el alimento absorbe aceite, el cual es un 99% grasa (9 kcal/g).

Las deducciones que se sacan respecto al IG, es que gracias a la grasa utilizada (normalmente aceite), los HC son envueltos en una capa lipídica impidiendo ser digeridos con facilidad. Esto hace que el IG no se exceda (*Ojeda et al, 2020*).

B) Asado

Por último, el asado es una técnica, que, según el Diccionario de Gastronomía (2023), “consiste en someter un alimento a la acción del calor para modificar su textura, mejorar su sabor y hacerlo más digerible. La fuente de calor puede ser fuego vivo, procedente de ascuas, o mediante cualquier otro tipo de aporte de calor en hornos modernos”. Hay dos vertientes, el asado directo y el indirecto.

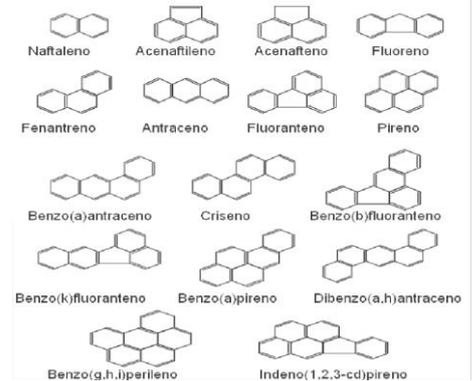
❖ *Asado directo*

Las características del asado directo son:

- Asado a la plancha (calor por conducción) y asado a la parrilla o brasas (calor por radiación + conducción)
- Método de cocción para todo tipo de alimentos.
- Pérdida de agua de entre un 15 a un 35%.

- Coagulación de las proteínas y transformación de la mioglobina, aunque no se pierde su valor biológico.
- Pérdida de lípidos y de vitaminas, sobre todo de la B1, B2 y A.
- Las sales minerales casi no sufren cambios.
- Reacción de Maillard en la superficie.
- El humo producido, sobre todo en el asado a la parrilla o brasas, puede llevar consigo sustancias tóxicas como lo son los HAPs (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos), como los que vemos en la figura 13.

Figura 13: Diferentes HAPs



Fuente: Reategui & Salazar (2016)

❖ *Asado indirecto*

Las características del asado indirecto son:

- Asado en horno (calor por radiación + convección)
- Método de cocción para todo tipo de alimentos
- Se consigue una buena costra para evitar que se pierdan los jugos.
- Pérdida de aminoácidos por reacciones de Maillard.
- Mejora la digestibilidad de las proteínas, ya que se desnaturalizan y se coagulan.
- El papillote es un método para que los alimentos se cuezan en sus propios jugos, potenciando su sabor y asegurando que los nutrientes no se pierdan.
- Se debe cocinar a tiempos cortos y temperaturas altas.

Las deducciones que se sacan en el caso del asado en relación con el IG es que, el asado directo no se suele utilizar en alimentos con gran cantidad de HC, por lo que no se tiene muy en cuenta. En cambio, el asado indirecto sí que se utiliza para cocer alimentos con alto IG. El asado indirecto es un método en el que una relación organolepsia / IG puede ser interesante, ya que normalmente los tiempos de cocinado son cortos y se pueden añadir a la cocción grasas y proteínas, teniendo platos muy buenos organolépticamente y no excediendo el IG

4.9.4. Elección de las mejores técnicas culinarias para reducir el IG.

Si hay que elegir una técnica culinaria de las que se han visto para no aumentar en exceso el IG sería el hervido por expansión atenuada. Puede que en algunos casos la fritura reduzca más el IG que el hervido, pero el valor calórico de la fritura es tan alto y a la larga tan perjudicial que no se escoge. La cocción al vapor también es una buena técnica para reducir el IG, así como el asado indirecto.

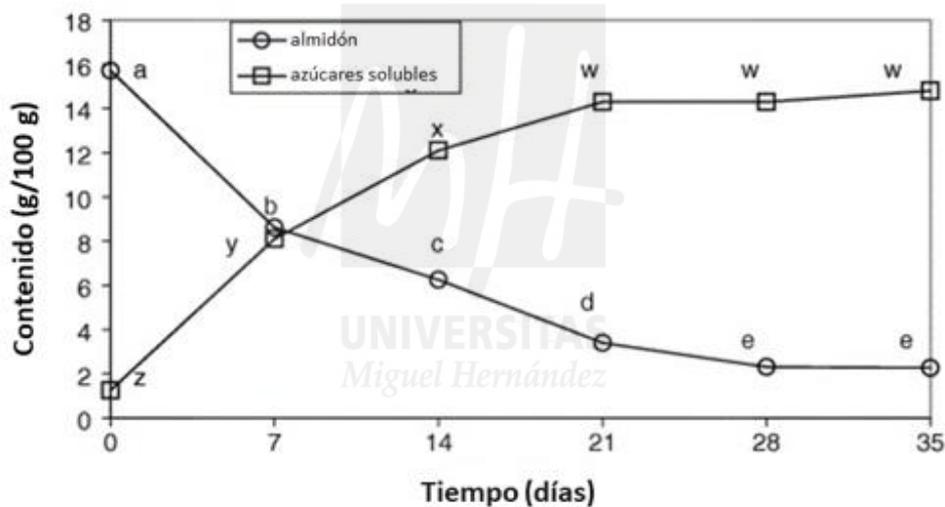
4.10. Maduración de frutas y verduras

La maduración es un proceso metabólico que afecta sobre todo a frutas y verduras y en el que estos alimentos cambian sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas a través del tiempo.

Entre estas propiedades está el IG, el cual varía dependiendo del estado de maduración del alimento. Un ejemplo claro es el plátano.

Según *Adão et al. (2005)*, un plátano inmaduro (verde) supone unos 15,7 g de almidón / 100 g de plátano y de 1,26 g de azúcares solubles / 100 g de plátano. En cambio, conforme va madurando el plátano, se van invirtiendo esos valores, como se ve en la figura 14, llegando a tener 2,27 g de almidón / 100 g de plátano a los 35 días de almacenamiento y unos 14,8 g de azúcares solubles / 100 g de plátano a los 35 días de almacenamiento.

Figura 14: Relación entre el contenido de almidón y azúcares solubles por cada 100 g de plátano a través de su tiempo de maduración

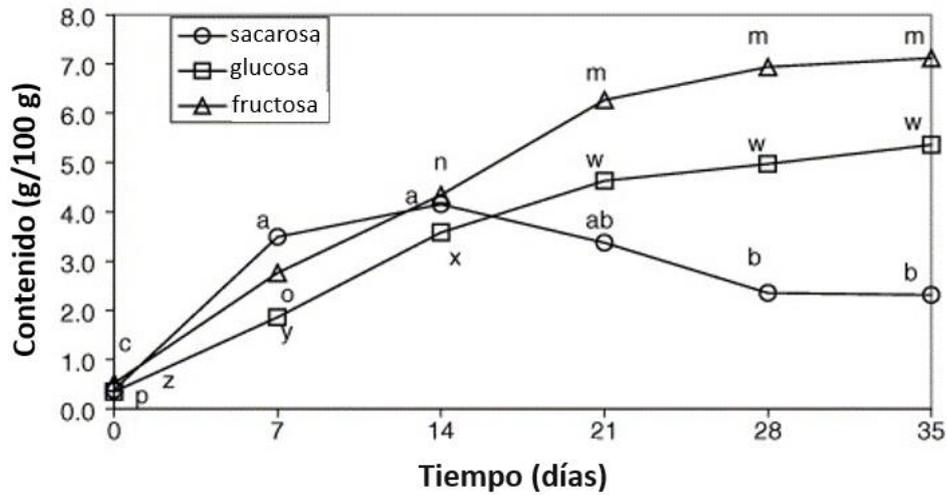


Fuente: Extraída y modificada de Adão et al. (2005)

Un plátano verde (inmaduro) tiene un IG de 45, lo que entraría en la clasificación de “bajo” IG. En cambio, un plátano amarillo (maduro) tiene un IG de 60, lo que entraría en la clasificación de “medio” IG.

Hay que tener en cuenta también el tipo de azúcares que contiene el plátano maduro, ya que como se ha visto en el punto 4.1., la fructosa puede no afectar tanto al IG o incluso bajarlo. Siguiendo con el estudio de *Adão et al. (2005)*, el plátano fue incrementando los valores de sacarosa, glucosa y fructosa, como se ve en la figura 15, hasta el punto de que el azúcar predominante es la fructosa, seguidamente la glucosa y por último la sacarosa.

Figura 15: Relación entre el contenido de los distintos azúcares solubles por cada 100 g de plátano a través de su tiempo de maduración



Fuente: Extraída y modificada de Adão & Glória. (2005)

Esta cantidad de azúcares solubles hace que el plátano maduro reciba un IG mayor, aunque no aumenta tanto gracias al contenido en fructosa.

4.11. Restauración Colectiva

La RC según la *Normativa UNE 167013:2017* se define como el “conjunto de actividades relacionadas con la producción y servicio de comidas y bebidas”, todo dentro de un entorno comunitario, como pueden ser empresas, hospitales, comedores de escuelas, eventos, cuarteles, prisiones, etc. Se da a entender que la RC engloba los servicios para elaborar, transformar, distribuir alimentos y servir comidas a un conjunto de personas.

Antes de ver datos y las características y divisiones que puede tener la RC, se va a hablar un poco sobre su historia.

Según la RAE, la definición de “restaurar” es la siguiente: *reparar, renovar o volver a poner algo en el estado o estimación que antes tenía*. Según definición y gracias a Dossier de Boulanger, se dio lugar a lo que más tarde se llamaría restauración, restaurantes, etc.

Se nombra a Dossier de Boulanger, ya que se le considera el primer cocinero en transformar su pequeño local en un restaurante. Todo sucedió en el año 1765, cuando Boulanger, empezó a servir “caldos restaurativos” y más tarde puso a disposición de la clientela platos más variados. En su puerta colgó un cartel en latín que decía, “*Venite ad me vos qui stomacho laboratis et ego*

restaurabo vos”, que en castellano se traduce como “Venid a mí hombres de estómago cansado y yo os restauraré” (*BlogESAH, 2022*).

Años más tarde, a partir de finales del siglo XVIII, coincidiendo con la revolución francesa (1789), el aumento del número de restaurantes fue muy grande, e imitaban el modelo de negocio de Dossier de Boulanger. Estos nuevos restaurantes fueron regentados en la mayoría por cocineros que cocinaban para las casas aristocráticas, las cuales tenían sofisticados equipos de cocina. Se abrieron nuevos locales por estos cocineros (los que no habían tenido la mala suerte de haber pasado por la guillotina) que querían seguir mostrando sus cualidades culinarias. Se empezó a expandir este nuevo movimiento por París, hasta llegar por otras ciudades de Francia y posteriormente por Europa (*Caballero, 2018*).

Ya en el año 1825, el jurista y gastrónomo nacido en la localidad gala de Belley, Jean Anthelme Brillat-Savarin fue autor del primer tratado gastronómico acuñado “Fisiología del gusto”, en el que se comenta la influencia de la alimentación en la salud, el sentido del gusto, cómo comemos, cómo, dónde, cuándo, con quién y hasta el por qué se consumen los alimentos (*Valero et al. 2018*). También comenta observaciones sobre la cultura gastronómica, así como condiciones los restaurantes debían cumplir, como un servicio respetuoso, ambiente elegante o una cocina selecta (*Fine, 2021*).

Siguiendo en el siglo XIX, se le da la importancia de “ciencia” a la cocina, donde Marie-Antoine Carême fue uno de los grandes culpables. Antoine fue aplicando en la cocina todo lo que había aprendido de los libros que leía, perfeccionando sus técnicas durante los años posteriores. Hizo aportaciones a la cocina como el hacer de un plato una obra de arte o incluso encargarse y tener su propia vajilla con diseños especiales (*Godfroy-Tayart de Borms, 2019*). Además, fue él, junto a August Escoffier (*Ordóñez, 2018*) el que introdujo el uso de uniformes y gorros en la cocina, dando un estatus que distinguía al cocinero como una persona importante, así como mantener una mayor higiene. Carême contribuyó a la creación de la “haute cuisine”, o alta cocina francesa. (*Del Moral, 2020*).

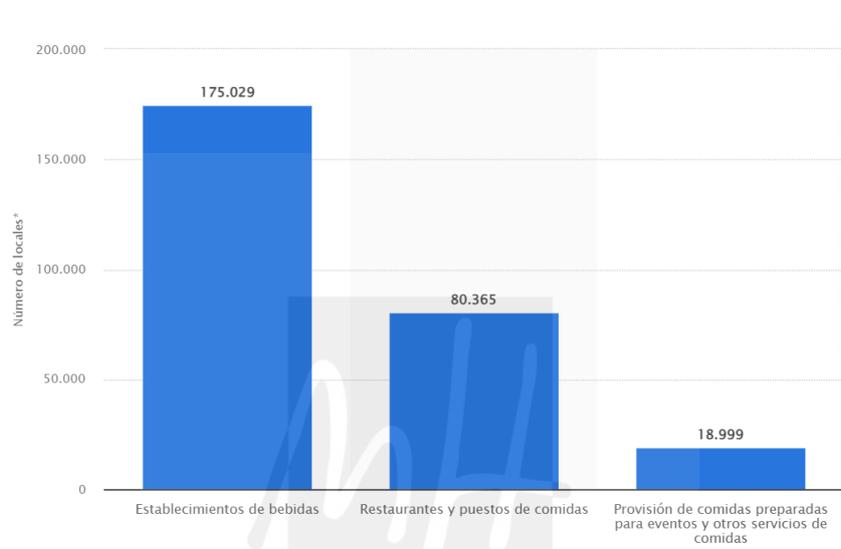
Pasando al siglo XX, se restaura la cocina clásica para poder adaptarla a los nuevos tiempos y nuevas mentalidades, gracias al cocinero francés Georges Auguste Escoffier. Entre otras aportaciones a esa nueva “cocina moderna” están las de introducir un sistema de brigadas, lo que hoy se conoce como “partida” (*Cachiguango et al. 2023*).

Este aumento exponencial de la restauración a lo largo de estos siglos ha dado lugar a lo que tenemos hoy en día, un sector muy importante para la economía mundial, así como un sector que

ofrece muchos puestos de trabajo. También son lugares de cultura, de ocio o sitios donde se “restauran” estómagos de niños, personas necesitadas o enfermas.

Si se observan los datos numéricos del sector de la restauración en España, se puede afirmar que el país cuenta con la mayor cantidad de bares y restaurantes por persona en el mundo, alcanzando un total de más de 270.000 establecimientos (*Statista, 2022*), como se muestra en la figura 16.

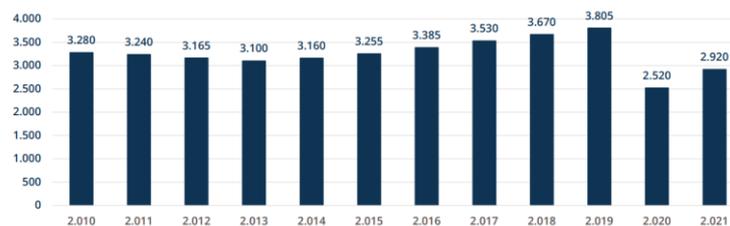
Figura 16: Número de locales (establecimiento de bebidas, restaurantes y puestos de comida, y provisión de comidas preparadas para eventos y otros servicios de comidas) en España, 2021.



Fuente: Statista (2022)

Según *IFMA España (2022)* (International Facility Management Association) la facturación del sector de la restauración en 2021 fue de 2.920 millones de euros (figura 17), lo que implica un aumento de 14,7 % más que el año anterior. Vemos un progresivo aumento en la facturación del sector restauración desde la crisis del COVID-19 (2020), donde el descenso de la facturación cayó hasta los 2.520 millones de euros, reduciéndose en 1.285 millones de euros respecto al 2019.

Figura 17: Facturación en millones de euros del sector restauración desde el año 2010 al 2021.



Fuente: IFMA España (2022)

La RC se puede dividir en varias vertientes, dependiendo de su fin (1), en función del tiempo (2) o por el tipo de cocina (3):

(1) Si se focaliza **el fin** de la restauración, se divide en restauración comercial y social.

Si la restauración se dedica al alcance de todos, tiene un fin lúdico, el cliente puede elegir lo que tomar, perteneciente a sectores pequeños y de gestión ampliamente privada, se está ante una **restauración comercial** (bares, restaurantes, establecimientos de fast-food, take away, vending y unidades a servicios de transporte y comunicaciones)

En cambio, si se tiene una restauración dedicada a colectividades como pueden ser centros de enseñanza, empresas de salud, centros institucionales, etc., su gestión está autogestionada o concertada y que tiene una gran responsabilidad social porque el consumidor no tiene opción de elección, se está ante una **restauración social** (empresas de salud, empresas institucionales y centros de enseñanza).

(2) Según el **tiempo**, la restauración se divide en directa y diferida:



*En caliente, refrigeración, ultracongelación, etc.

La restauración directa es la que tenemos cuando se cocinan los alimentos y se sirven al instante y la diferida añadimos el paso de mantenimiento del alimento cocinado antes del servicio (BlogESAH, 2023).

(3) Según el **tipo de cocina**, se tienen distintos tipos de restauración:

Restauración integrada, la cual dispone de espacios propios para la elaboración y transformación de los alimentos hasta llegar a un plato de comida, los cuales se sirven en ese mismo lugar. Dispone también de servicio a la carta.

Restauración central, la cual la cocina principal no se encuentra en el propio local, sino que dispone de una cocina central, un espacio dedicado a elaborar comidas cuyo destino son otras cocinas o directamente eventos a los que se da servicio. Como dice *EstudiarCocina (2023)*, la página especializada en formación gastronómica y cocina, la restauración central es “*toda la preparación de alimentos que se realiza en una sola ubicación central y que luego se distribuye a diferentes puntos de servicio a través de sistemas de transporte de alimentos calientes y fríos*”

La RC implica una gran responsabilidad, que es la de alimentar a la sociedad. Lamentablemente, las enfermedades son muy comunes en la actualidad, por lo tanto, es crucial velar por la

alimentación con el fin de disminuir los factores de riesgo. El estudio de las técnicas culinarias y su aplicación para reducir por ejemplo el IG de los alimentos es importante, ya no solo para personas que sufren de diabetes, sino para todo aquel al que se le da un servicio en la RC como puede ser un hospital, un comedor escolar o un restaurante.

5. PARTE EXPERIMENTAL

La segunda parte de este trabajo consistió en aplicar los conceptos del trabajo bibliográfico, en la cocina. Se preparan dos menús (primer plato, segundo plato y postre), uno estándar y el segundo con medidas que regulen el IG, previamente estudiadas en la revisión bibliográfica.

Se van a proponer dos elaboraciones para el primer plato, dos para el segundo plato y dos para el postre, de los cuales elegiremos una elaboración de cada segmento del menú.

A continuación, se describen los platos elegidos, así como sus modificaciones para reducir el IG.

Primeros platos y modificaciones:

- Arroz blanco salteado con verduras (zanahoria, calabacín y guisantes).
 - Modificaciones para reducir el IG: arroz integral, hervir el arroz y añadir vinagre al agua de cocción del arroz y refrigerar el plato. Después recalentar. Los trozos de la zanahoria y calabacín se cortan en trozos más grandes.

Segundos platos y modificaciones:

- Muslo de pollo, guarnición de patatas fritas y puré de garbanzos
 - Modificaciones para reducir el IG: cocer previamente las patatas, enfriar hasta retrogradar el almidón y posteriormente freír. Acompañar la guarnición con garbanzos salteados.

Postres y modificaciones

- Macedonia de plátano, pera, manzana, frutos rojos y zumo de naranja (estados maduros)
 - Modificaciones para reducir el IG: frutas a trozos medio-grandes, estados de maduración poco avanzados. La naranja se añadirá también en trozos. Sustituir el zumo por una mezcla de gelatina fluida y zumo.

Ya elegidos los platos, se procede a la experimentación en la cocina del IES Cap de l'Aljub.

Una vez allí, se prepararon los ingredientes de todos los platos, al igual que la vajilla y utensilios de cocina. Hay que recordar que cada plato contiene la misma cantidad en peso de cada ingrediente. Se realizó un reportaje fotográfico de los ingredientes por plato como se ve reflejado en las figuras 18, 19, 20, 21, 22 y 23.

Figura 18: Ingredientes del primer plato estándar



Figura 19: Ingredientes del primer plato modificado



Figura 20: Ingredientes del segundo plato estándar



Figura 21: Ingredientes del segundo plato modificado



Figura 22: Ingredientes del postre estándar



Figura 23: Ingredientes del postre modificado



5.1. Primer plato y modificaciones

- Plato estándar

Se realizó un hervido del arroz blanco durante 15 minutos a fuego alto. Al mismo tiempo se cortaron la zanahoria y el calabacín en trozos pequeños, de no más de 3 centímetros, y se saltearon con un poco de aceite junto con los guisantes.

Arroz y verduras se mezclan en una sartén a fuego fuerte y se saltea. Ya terminado, se emplata.

- Plato modificado

Se realizó un hervido del arroz integral durante 25 minutos, junto con 20 ml de vinagre de manzana hasta **bajar el pH** del medio de cocción a 4, utilizando tiras de pH de la marca MQuant. Al mismo tiempo, se cortan la zanahoria y el calabacín en trozos de unos 5-6 centímetros (**tamaño de partícula más grande**) y se saltean con aceite junto a los guisantes.

Una vez pasados los 25 minutos, el arroz integral hervido junto al vinagre se deja enfriar en un abatidor para que se produzca la **retrogradación del almidón**. Pasados 15 minutos a -5 °C, se saca del abatidor y se recalienta en una sartén junto a las verduras. Por último, se emplata.

5.2. Segundo plato y modificaciones

- Plato estándar

Se realizó un asado indirecto del muslo de pollo en un horno a 200 °C. Al mismo tiempo se cortó la patata cruda en bastones y se frieron a unos 150 °C.

Los garbanzos se trituraron con 100 ml de agua para realizar un puré.

Por último, se emplatan todos los ingredientes.

- Plato modificado

Se realizó un asado indirecto del muslo de pollo en un horno a 200 °C. Al mismo tiempo se **hierven** las patatas enteras hasta que, clavando un cuchillo este no oponga resistencia a la penetración. Una vez hervidas, se enfrían durante 45 minutos en un abatidor a -4 °C para realizar la **retrogradación del almidón**. Estas patatas una vez hervidas se cortan en gajos para hacerlas más atractivas.

Los garbanzos enteros se saltearon (**tamaño de partícula más grande**).

Por último, se emplataron todos los alimentos.

5.3. Postre y modificaciones

- Postre estándar

Las frutas maduras (plátano, manzana y pera) se cortaron en trozos pequeños de unos 2-3 cm. La naranja madura se exprimió y el zumo se mezcló con los trozos de la fruta madura.

Por último, se decoró con frutos rojos.

- Postre modificado

Las frutas en un **estado no maduro** (plátano, manzana, pera y naranja) se cortaron en trozos medio-grandes de unos 5 cm (**tamaño de partícula más grande**). La piel de la manzana se dejó, **augmentando el contenido en fibra**, al igual que los trozos de naranja. Seguidamente, se exprimió zumo de una naranja pequeña no madura y se realizó una mezcla con agar agar y una placa de gelatina para efectuar una gelatina líquida, aportando **proteína** al postre.

Por último, se decoró con frutos rojos.

** En **negrita** se resaltan los factores que deben reducir el IG en los platos modificados respecto al estándar.

Figura 24: Menú estándar (izquierda) y menú modificado (derecha)



5.4. Análisis sensorial

Una vez elaborados los platos de los menús se realizó un análisis sensorial por parte de 6 jueces semi-entrenados con la utilización de hojas de cata.

A través de pruebas descriptivas, se llegó a la conclusión que:

- En relación con el primer plato y sus modificaciones, el sabor general del modificado generó una mayor aceptación. La textura fue correcta en los dos casos, aunque el arroz integral presentaba una ligera dureza respecto al arroz blanco, ya sea por el contenido en fibra y el enfriamiento (almidón retrógrado). En cuanto a la acidez, aunque el pH del medio de cocción del plato modificado fuera de 4, no se apreciaba, por lo que es un punto a favor. La harinosidad fue correcta en los dos platos.
- En relación con el segundo plato y sus modificaciones, el sabor general de los dos platos tuvo una gran aceptación, aunque el plato estándar gustó más entre los jueces. En cuanto a la textura de las patatas, los jueces coincidieron en que los tubérculos del plato modificado, debido a su procesado, quedaron más blandas y menos crujientes, por lo que la textura general de la patata fue peor puntuada que la textura de la patata del plato estándar.
- En relación con el postre y sus modificaciones, el sabor general del estándar no tuvo elevada aceptación, sobre todo por el exceso de maduración de las frutas. La intensidad de dulzor fue puntuada entre ligeramente fuerte y moderadamente fuerte. Al estar sobremaduras, los jueces puntuaron a la dureza de estas como ligera y moderadamente blandas, siendo una penalización en su puntuación de sabor general. Globalmente, la textura de las frutas ni gustó ni disgustó. En cambio, el postre modificado obtuvo una mejor puntuación tanto en el sabor general del plato como en la textura. La intensidad de dulzor puntuada por los jueces fue de ligeramente débil y aproximadamente correcta al igual que la dureza de las frutas.

6. CONCLUSIONES

1. El IG y la CG son factores importantes de información para controlar la glucosa en sangre a la hora de ingerir alimentos.
2. La diabetes es una enfermedad muy presente que afecta a unos 537 millones de adultos en el mundo, y que uno de los factores de riesgo es una glucemia alta por alimentos con alto IG.
3. Se ha demostrado que alimentos con más amilosa que amilopectina obtienen un IG menor, así como una cadena de HC o un tamaño de partícula del alimento más grande.
4. La retrogradación del almidón, por parte del tiempo y del enfriamiento de alimentos con almidón gelatinizado, reduce el IG de estos.
5. Una combinación de grasas, proteínas y fibra con alimentos de alto IG, reducen la glucosa en sangre por diferentes procesos como retrasos en el vaciamiento gástrico o inducción de la insulina.
6. Se ha demostrado que la adición de ácido acético, en forma de vinagre, reduce la glucemia en alimentos con alto IG, por inhibición de enzimas disacaridasas en el intestino delgado.
7. La maduración de las frutas y verduras aumenta el IG por la degradación del almidón en forma de azúcares solubles a través del tiempo. La fructosa no aumenta en exceso, ya que sigue una ruta de hidrolización más larga.
8. Las técnicas culinarias modifican el IG dependiendo del tiempo, temperatura y medio de cocción que se utilice (agua, grasa, etc.). Se ha elegido el hervido por expansión atenuada como el mejor método de cocción para regular el IG, teniendo en cuenta también factores como el valor calórico que adquiere después de la cocción.
9. La combinación de factores que afectan al IG se puede aplicar a la restauración colectiva, con el objetivo de mejorar la calidad nutricional de los platos que se ofrezcan en los servicios de restauración colectiva.
10. Experimentalmente, los platos modificados han sido cocinados en concordancia con la información extraída de las 103 citas, mejorando el IG de estos platos y no perjudicando las características organolépticas de forma sustancial.
11. Este trabajo pretende ser la base de futuros estudios más complejos, en los que se realizarán estudios clínicos gracias a la colaboración con asociaciones de diabéticos y profesionales de la medicina, junto al apoyo del IES Cap de l'Aljub.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Achón Tuñón, M., González González, M., & Varela Moreiras, G. (2018). Criterios de armonía funcional entre gastronomía y salud: una visión desde la comunidad científica. *Nutrición Hospitalaria*, 35(SPE4), 75-84.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112018000700015
2. Adão, R. C., & Glória, M. B. A. (2005). Bioactive amines and carbohydrate changes during ripening of Prata banana (*Musa acuminata* × *M. balbisiana*). *Food Chemistry*, 90(4), 705-711.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.020>
3. AESAN (2023). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. La EFSA publica su evaluación del riesgo sobre las nitrosaminas en los alimentos concluyendo que plantean un problema de salud.
https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/noticias_y_actualizaciones/noticias/2023/nitrosaminas.htm (Fecha de acceso 9 de abril de 2023).
4. Alcántara-Ortiz, M. G., Campos-Serrano, J., & Ibarra-Sánchez, A. (2021). Desregulación metabólica y consecuencias clínicas por el consumo de fructosa. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.332>
5. Aldunce, P., Espinoza, A., Ramírez, R., & Sambra, V. (2022). Análisis comparativo de la respuesta e índice glicémico, carga glicémica y saciedad de leche alta en proteínas y leche sin lactosa en sujetos sanos. *Revista chilena de nutrición*, 49(1), 25-33.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182022000100025>
6. Alonso, R. L. B., & Pisarello, M. I. (2019). Modelo y simulación matemática del control automático de glucosa en pacientes con diabetes tipo 1. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 5, 187-195. <http://dx.doi.org/10.30972/eitt.503752>
7. Angarita Dávila, L., Escobar, M. C., Garrido, M., Carrasco, P., López-Miranda, J., Aparicio, D., ... & Bermúdez, V. (2016). Comparación del efecto de la fibra sobre el índice glicémico y carga glicémica en distintos tipos de pan. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 35(4), 100-106. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-02642016000400004

8. Angarita-Dávila, L., Miranda, J. L., Aparicio-Camargo, D., Parra-Zuleta, K., Uzcátegui-González, M., Céspedes-Nava, V., ... & Reyna-Villasmil, N. (2017). Índice glicémico, carga glicémica e insulina posprandial a dos fórmulas isoglúcidas con distintos edulcorantes y fibra en adultos sanos y diabéticos tipo 2. *Nutrición Hospitalaria*, 34(3), 532-539. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.654>
9. Arteaga Llona, A. (2006). El índice glicémico: una controversia actual. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 55-60. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0212-16112006000500006#back
10. Atkinson, F. S., Brand-Miller, J. C., Foster-Powell, K., Buyken, A. E., & Goletzke, J. (2021). International tables of glycemic index and glycemic load values 2021: a systematic review. *The American journal of clinical nutrition*, 114(5), 1625-1632. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab233>
11. BEDCA (2023). Base de datos española de composición de alimentos. <https://www.bedca.net/bdpub/index.php> (Fecha de acceso 28 de marzo de 2023).
12. BlogESAH (2022). Estudios Superiores Abiertos de Hostelería. Cuál fue el primer restaurante de la historia. <https://www.estudiahosteleria.com/blog/gestion-y-direccion/primer-restaurante-historia> (Fecha de acceso 15 de junio de 2023).
13. BlogESAH (2023). Estudios Superiores Abiertos de Hostelería. ¿Qué es la restauración diferida?. <https://www.estudiahosteleria.com/blog/gestion-y-direccion/que-es-la-restauracion-diferida> (Fecha de acceso 17 de junio de 2023).
14. Brighenti, F., Castellani, G., Benini, L., Casiraghi, M. C., Leopardi, E., Crovetto, R. y Testolin, G. (1995). Efecto del vinagre neutralizado y nativo sobre las respuestas de glucosa y acetato en sangre a una comida mixta en sujetos sanos. *Revista Europea de Nutrición Clínica*, 49(4), 242-247. <https://europepmc.org/article/med/7796781>
15. Caballero, Ó. (2018). Comer es una historia. *España: Española*. https://static0planetadelibroscom.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/38/37638_Comer_es_una_historia.pdf
16. Cabiedes Miragaya, L., & Miret Pastor, L. G. (2019). Fuentes estadísticas para analizar el sector de la restauración en España. *Universitat Autònoma de Barcelona Papers*, 104(1), 129-145. <https://doi.org/10.5565/rev/papers.2483>

17. Cachiguango, I. S. G., del Hierro, C. A. A., & Aroca, F. X. G. (2023). Gastronomía. Una aproximación a su historia, epistemología y corrientes. *TURPADE. Turismo, Patrimonio y Desarrollo*, 2(18). <https://doi.org/10.21640/rt.v2i18.53>
18. Caracuel García, Á. (2008). Técnicas de cocción saludables aplicables a la alimentación mediterránea. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental* 21, 171-180 <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/4043>
19. Chandel, N. S. (2021). Carbohydrate Metabolism. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 13(1), a040568. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a040568>
20. Cornejo-Ramírez, Y. I., Martínez-Cruz, O., Del Toro-Sánchez, C. L., Wong-Corral, F. J., Borboa-Flores, J., & Cinco-Moroyoqui, F. J. (2018). Características Estructurales de Almidones y sus Propiedades Funcionales. *CYTA-Journal of Food*, 16(1), 1003-1017. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
21. de Diego Blanco, B. S. (2018). Atención a comensales con dieta específica en los servicios de restauración a colectividades. *Nutrición Hospitalaria*, 35(SPE4), 130-135. <https://www.nutricionhospitalaria.org/articles/02138/show>
22. de las Heras, A. R. (2006) Tecnologías culinarias para una alimentación cardiosaludable. *una alimentación cardiosaludable*, 47. https://www.cgcom.es/sites/main/files/mig/GBPC_Alimentacion_cardiosaludable.pdf
23. Del Moral, R. G. (2020). Gastronomic paradigms in contemporary Western cuisine: from French haute cuisine to mass media gastronomy. *Frontiers in nutrition*, 6, 192. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00192>
24. DeMartino, P., & Cockburn, D. W. (2020). Resistant starch: impact on the gut microbiome and health. *Current opinion in biotechnology*, 61, 66-71. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.10.008>
25. Díaz-Osorio, A., Martínez-Castaño, M., Contreras-Calderon, J., & Gallardo-Cabrera, C. (2019). Índice Glucémico in vitro, Contenido fenólico y Actividad Antioxidante de Snacks elaborados con harinas de plátano (*Musa paradisiaca*) y yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Información tecnológica*, 30(5), 111-120. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500111>
26. Diccionario de la Gastronomía (2023). Asar. <https://diccionariodegastronomia.com/word/asar/> (Fecha de acceso 12 de junio de 2023).

27. Directive, C. (1990). 90/496/EEC of 24 September 1990 on nutrition labelling for foodstuffs. *Off J L*, 276, 40-44. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1990/496/2008-12-11>
28. Duarte Casar, R., Pacheco, A., Armendáriz, M., Armendaris, J., López, J., Rojas-Le-Fort, M., Estuardo González, J. (2018). Guía de técnicas culinarias. https://www.researchgate.net/publication/328410036_Guia_de_Tecnicas_Culinarias
29. Eleazu, C. O. (2016). The concept of low glycemic index and glycemic load foods as panacea for type 2 diabetes mellitus; prospects, challenges and solutions. *African health sciences*, 16(2), 468-479. <http://dx.doi.org/10.4314/ahs.v16i2.15>
30. EpData (2023). Evolución de la prevalencia de diabetes por continente y proyección. <https://www.epdata.es/evolucion-prevalencia-diabetes-continente-proyecciones-futuras/ef2580cf-d887-4e86-a3db-614b75d32216> (Fecha de acceso 15 de mayo de 2023).
31. EstudiarCocina (2023). ¿Qué es la cocina centralizada? <https://estudiarcocina.com/estilos-de-cocina/que-es-la-cocina-centralizada/> (Fecha de acceso 18 de junio de 2023).
32. FAO (2023). Glosario de términos. <https://www.fao.org/3/am401s/am401s07.pdf> (Fecha de acceso 20 de marzo de 2023).
33. FAO (1997). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Chapter 4 - The role of the glycemic index in food choice. <https://www.fao.org/3/w8079E/w8079e0a.htm#chapter%204%20the%20role%20of%20the%20glycemic%20index%20in%20food%20choice> (Fecha de acceso 4 de mayo de 2023).
34. Farmacéutico, E., & Canal, E. F. (2018). Curso Atención al anciano frágil. Tema 5. Diabetes mellitus en el anciano. *Diabetes*, 24, 05. https://www.elfarmaceutico.es/tendencias/te-interesa/diabetes-mellitus-en-el-anciano_109093_102.html
35. FEDE (2019). Federación Española de la Diabetes. Síntomas - Federación Española de Diabetes FEDE. <https://fedesp.es/diabetes/sintomas/> (Fecha de acceso 22 de mayo de 2023)
36. Fernández-Condori, R., & Ramos-Escudero, F. (2021). Efecto de la ingesta de frutas nativas como guanábana, sachatome, aguaymanto y tumbo serrano sobre la glicemia a través del índice glicémico. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, 27(2), 131-137. https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2021_2_art_8.pdf

37. Fine, L. G. (2021). Gastronomy in early 19th century Paris: Divergent views of food-writers Grimod de La Reynier and Jean-Anthelme Brillat-Savarin on “the first restaurateur”, Antoine Beauvilliers. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23, 100290. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100290>
38. Galiano, A. (2006). INDICE GLUCEMICO. *IQB (Instituto Químico Biológico)*. https://www.iqb.es/d_mellitus/medico/complica/indice_glucemico/i_glucemico01.htm (Fecha de acceso 6 de junio de 2023).
39. García Peris, P., & Velasco Gimeno, C. (2007). Evolución en el conocimiento de la fibra. *Nutrición hospitalaria*, 22, 20-25. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112007000500004#:~:text=Las%20fibras%20parcialmente%20fermentables%20son,peso%20de%20las%20heces9.
40. Godfroy-Tayart de Borms, M. (2019). Du maître queux au cuisinier du XIX e siècle: la construction de la figure du chef à travers la carrière de Marie-Antoine Carême. *Bulletin de l'Institut Pierre Renouvin*, 50(2), 101-110. <https://doi.org/10.3917/bipr1.050.0101>
41. Gómez, A., Anaya, J., Rodríguez, G., Lechón, A., Perugachi, I., Velásquez, C., ... & Lascano, R. (2022). Efecto glucémico de un pancake funcional elaborado a partir de una mezcla instantánea de avena. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 26(3), 189-196. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2174-51452022000300004&script=sci_abstract&tlng=en
42. González, M., Erguido, I., San Andrés, A. (2021). Nutrición y deporte: una cuestión de ajuste. *El farmacéutico: profesión y cultura*, (602), 22-26. https://www.elfarmacéutico.es/revista/cuidados-de-la-piel-y-el-cabello-despues-del-verano_150266_102.html
43. Guía de Índice Glucémico (2023a). Fructosa. [https://glycemic-index.net/es/fructosa/#:~:text=El%20%C3%ADndice%20gluc%C3%A9mico%20\(IG\)%20de,un%20alimento%20con%20IG%20bajo.](https://glycemic-index.net/es/fructosa/#:~:text=El%20%C3%ADndice%20gluc%C3%A9mico%20(IG)%20de,un%20alimento%20con%20IG%20bajo.) (Fecha de acceso 22 de mayo de 2023)
44. Guía de Índice Glucémico (2023b). Harina de maíz. <https://glycemic-index.net/es/harina-de-maiz/> (Fecha de acceso 8 de junio de 2023).
45. Guía de Índice Glucémico (2023c). Maíz amarillo. <https://glycemic-index.net/es/maiz-amarillo/> (Fecha de acceso 8 de junio de 2023).

46. Gutiérrez Tlahque, J., Santiago Sáenz, Y. O., Hernández Fuentes, A. D., Pinedo Espinoza, J. M., López Buenabad, G., & López Palestina, C. U. (2019). Influencia de los métodos de cocción sobre la actividad antioxidante y compuestos bioactivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Nova scientia*, 11(22), 53-68. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i22.1685>
47. Heacock, P. M., Hertzler, S. R., & Wolf, B. W. (2002). Fructose prefeeding reduces the glycemic response to a high-glycemic index, starchy food in humans. *The Journal of nutrition*, 132(9), 2601-2604. <https://doi.org/10.1093/jn/132.9.2601>
48. Hernández, R. I. E., Correa, S. M. M., & Correa, J. L. M. (2018). *Nutrición y salud*. Editorial El Manual Moderno. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UoJZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP16&dq=Nutrici%C3%B3n+y+salud+-+Rosa+Isabel+Esquivel+Hern%C3%A1ndez,+Silvia+Mar%C3%ADa+Mart%C3%ADnez+Correa,+Jos%C3%A9+Luis+Mart%C3%ADnez+Correa+&ots=NK00OLFcaa&sig=LVUejXHBi7Oqufy5bN8Kfxk93I#v=onepage&q=Nutrici%C3%B3n%20y%20salud%20-%20Rosa%20Isabel%20Esquivel%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Silvia%20Mar%C3%ADa%20Mart%C3%ADnez%20Correa%2C%20Jos%C3%A9%20Luis%20Mart%C3%ADnez%20Correa&f=false>
49. IARC (2023). Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer. Agents classified by the IARC Monographs, Volumes 1–133. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications/> (Fecha de acceso 7 de abril de 2023).
50. IDF (2021). International Diabetes Federation. Diabetes facts & figures. <https://www.idf.org/aboutdiabetes/what-is-diabetes/facts-figures.html> (Fecha de acceso 15 de mayo de 2023).
51. IDF (2023). International Diabetes Federation. Spain diabetes report 2000 - 2045. <https://diabetesatlas.org/data/en/country/187/es.html> (Fecha de acceso 18 de mayo de 2023)
52. IDF Atlas de la Diabetes (2023). <https://diabetesatlas.org/> (Fecha de acceso 15 de mayo de 2023).
53. IFMA ESPAÑA (2022). El mercado español de restauración se situó en 2021 en 2.920 millones de euros, ratificando su crecimiento después del retroceso provocado por la pandemia. [30/08/2022 – El mercado español de restauración se situó en 2021 en 2.920 millones de euros, ratificando su crecimiento después del retroceso provocado por la pandemia | IFMA-Spain](https://www.ifma.es/30/08/2022-El-mercado-espanol-de-restauracion-se-situo-en-2021-en-2920-millones-de-euros-ratificando-su-crecimiento-despues-del-retroceso-provocado-por-la-pandemia-IFMA-Spain) (Fecha de acceso 16 de junio de 2023).

54. Instituto Tomás Pascual Sanz (2012). Restauración colectiva. <https://www.institutotomaspascualsanz.com/restauracion-colectiva/> (Fecha de acceso 17 de junio de 2023).
55. Jara, A. C. M., Zambrano, M. I. V., Tagle, A. N. P., Tipán, A. P. M., Lara, O. X. R., & Checa, C. M. C. (2018). Factores de Riesgo que inciden en la presencia de diabetes. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 2(4), 189-238. <http://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/351>
56. Jos Gallego, Á. M., Talens Oliag, P., & López Rodríguez, R. (2017). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) sobre el uso de una solución acuosa de ácido fosfórico y propilenglicol como coadyuvante tecnológico para la estabilización del cloro utilizado en el lavado de vegetales frescos cortados y hortalizas de hoja de IV gama. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 26, 11-19. https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/publicaciones/revistas_comite_cientifico/comite_cientifico_26.pdf
57. Larousse Cocina (2020). ¿Escaldar, escalfar o blanquear? ¿Cuál es el término correcto? <https://laroussecocina.mx/blog/diferencias-entre-escaldar-escalfar-y-blanquear/#:~:text=Escalfar%20o%20pochar&text=Se%20considera%20un%20m%C3%A9todo%20de,jugos%2C%20vinos%2C%20entre%20otros> (Fecha de acceso 10 de junio de 2023).
58. Liatis, S., Grammatikou, S., Poulia, K. A., Perrea, D., Makrilakis, K., Diakoumopoulou, E., & Katsilambros, N. (2010). Vinegar reduces postprandial hyperglycaemia in patients with type II diabetes when added to a high, but not to a low, glycaemic index meal. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(7), 727-732. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.89>
59. Lu, X., Zhan, J., Ma, R., & Tian, Y. (2023). Structure, thermal stability, and in vitro digestibility of rice starch–protein hydrolysate complexes prepared using different hydrothermal treatments. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123130. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.123130>
60. Ludwig, D. S. (2002). The Glycemic Index: Physiological Mechanisms Relating to Obesity, Diabetes, and Cardiovascular Disease. *JAMA*, 287(18), 2414. <https://doi.org/10.1001/jama.287.18.2414>

61. Magliano, D. J., Chen, L., Islam, R. M., Carstensen, B., Gregg, E. W., Pavkov, M. E., ... & Shaw, J. E. (2021). Trends in the incidence of diagnosed diabetes: a multicountry analysis of aggregate data from 22 million diagnoses in high-income and middle-income settings. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 9(4), 203-211. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(20\)30402-2](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(20)30402-2)
62. Manuzza, M. A., Brito, G., Echegaray, N. S., & López, L. B. (2018). Índice glucémico y carga glucémica: su valor en el tratamiento y la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles. *Diaeta*, 36(162), 29-38. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-73372018000100005&script=sci_abstract&tlng=en
63. MedlinePlus (2023a). Carbohidratos simples. https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/19534.htm#:~:text=Los%20carbohidratos%20simples%20son%20descompuestos,los%20alm%C3%ADbares%20y%20las%20gaosas. (Fecha de acceso 19 de abril de 2023).
64. MedlinePlus (2023b). *Diabetes tipo 2*. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000313.htm#:~:text=Cuando%20usted%20tiene%20diabetes%20tipo,almacenado%20como%20fuente%20de%20energ%C3%ADa> (Fecha de acceso 22 de mayo de 2023).
65. Menses K. (2021). Tabla de Índice Glucémico y Carga Glucémica actualizada. *Centro Médico D-Médical*. <https://d-medical.com/2021/05/tabla-de-indice-glucemico-y-carga-glucemica-actualizada-de-karla-meneses/>
66. Milán Chávez, R., Rojas Lemus, M., Flores Robeles, E., Cervantes Yépez, S., Gordillo Hernández, E., Cafaggi Padilla, D., & Fortoul van der Goes, T. I. (2016). La diabetes, una enfermedad que integra a la bioquímica ya la histología. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 59(4), 46-55. http://www.revistafacmed.com/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=800:la-diabetes&Itemid=79
67. Monroy-Arellano, M. R., De La Espriella-Angarita, S., Herrera-Barros, A., León-Méndez, D., & León-Méndez, G. (2020). Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 39(5), 620-629. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4263365>
68. Najib, T., Heydari, M. M., Tu, K., & Meda, V. (2023). Modification in starch structure of soaked and germinated lentil seeds under various thermal processing methods, including conventional, microwave, and microwave-assisted techniques. *Food Chemistry Advances*, 2, 100267. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100267>

69. Nieto, C. (2014). Técnicas de cocción: sabor, color, textura y nutrientes a buen recaudo. *Farmacia profesional*, 28(4), 15-19. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-tecnicas-coccion-sabor-color-textura-X0213932414396318>
70. Ochoa-Martínez, L. A., Solís, H. A. L., & Quiñones, G. B. (2021). Almidón de camote: Modificaciones enzimáticas, físicas y químicas. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 15(3), 854-854. <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v15i3.854>
71. Ogawa, N., Satsu, H., Watanabe, H., Fukaya, M., Tsukamoto, Y., Miyamoto, Y., & Shimizu, M. (2000). Acetic acid suppresses the increase in disaccharidase activity that occurs during culture of caco-2 cells. *The Journal of nutrition*, 130(3), 507-513. <https://doi.org/10.1093/jn/130.3.507>
72. Ojeda, L., Claramonte, M., Rey, J., Trestini, C., Useche, M., Zambrano, N., ... & Noguera-Machado, N. (2018). Efecto de los procesos de congelación y descongelación sobre los almidones en un alimento a base de maíz. *Revista chilena de nutrición*, 45(4), 310-315. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182018000500310>
73. Ojeda, L., Noguera-Machado, N., Espino, G., Gómez, M., Escobar, A., Díaz, Á., & Escobar, H. (2020). EFECTO DE LA COCCIÓN SOBRE EL ÍNDICE GLICÉMICO DEL PLÁTANO (Musa paradisiaca) Y LA YUCA (Manihot esculenta) EFFECT OF COOKING ON THE GLYCEMIC INDEX OF THE BANANA (Musa paradisiaca) AND THE YUCA (Manihot esculenta). *Actualización en Nutrición*, 21(1), 4-9. https://www.researchgate.net/publication/340682793_EFECTO_DE_LA_COCCION SOBRE_EL_INDICE_GLICEMICO_DEL_PLATANO_Musa_paradisiaca_Y_LA_YUCA_Manihot_esculenta
74. Olayo-Contreras, V. M., Alemán-Castillo, S. J., Rodríguez-Castillejos, G., & Castillo-Ruiz, O. (2021). Almidón resistente como prebiótico y sus beneficios en el organismo humano. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.406>
75. OMS (2023a). Organización Mundial de la Salud. Diabetes. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes> (Fecha de acceso 19 de abril de 2023).
76. OMS (2023b). Organización Mundial de la Salud. Uso de los edulcorantes no azucarados. Guía de la OMS. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/367660>.
77. Ordóñez Bravo, E. F., & Robalino Vallejo, J. A. (2018). La evolución de la gastronomía en la academia a través del tiempo. *TURYDES Revista Turismo y Desarrollo local sostenible*. https://www.eumed.net/rev/турыdes/24/evolucion-gastronomia.html?fb_comment_id=2096618047047069_2110628838979323

78. Radulian, G., Rusu, E., Dragomir, A., & Posea, M. (2009). Metabolic effects of low glycaemic index diets. *Nutrition journal*, 8, 1-8. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-8-5>
79. Reategui, K., & Salazar, C. (2016). Evaluación de la capacidad de un suelo con alto contenido de carbono orgánico para remover fenantreno de muestras acuosas. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/332251100_EVALUACION_DE_LA_CAPACIDAD_DE_UN_SUELO_CON_ALTO_CONTENIDO_DE_CARBONO_ORGANICO_PAR_A_REMOVER_FENANTRENO_DE_MUESTRAS_ACUOSAS
80. RedScolar (2023). Prehistoria de la humanidad. Agricultura. https://redescolar.ilce.edu.mx/20aniversario/componentes/redescolar/act_permanentes/historia/histdeltiempo/mundo/prehis/t_agric.htm (Fecha de acceso 20 de marzo de 2023).
81. Reglamento (CE) n o 1924/2006 (2006). [EUR-Lex - 32006R1924 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006R1924)
82. Reynaud, A. (2014). Requerimiento de micronutrientes y oligoelementos. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 60(2), 161-170. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-51322014000200010#:~:text=macronutrientes%3A%20prote%C3%ADnas%2C%20%C3%ADpidos%20e%20hidratos,los%20necesita%20en%20cantidades%20menores.
83. Riera, M. A., Rengifo, A. C. A., Bazurto, Y. S. Z., Palma, A. N. M., Pinto, M. V. Z., Bazurto, C. D. Z., & Baquerizo-Crespo, R. J. (2021). Estimación de la entalpía de gelatinización en una mezcla de almidón termoplástico. *Prisma Tecnológico*, 12(1), 47-53. <https://doi.org/10.33412/pri.v12.1.2864>
84. Riley, C. K., Wheatley, A. O., Hassan, I., Ahmad, M. H., Morrison, E. Y. S. A., & Asemota, H. N. (2004). In vitro digestibility of raw starches extracted from five yam (*Dioscorea* spp.) species grown in Jamaica. *Starch-Stärke*, 56(2), 69-73. <https://doi.org/10.1002/star.200300195>
85. Rodríguez, F. J. R. (2004). Comportamiento glicémico durante el ejercicio de resistencia, aplicando dos tipos de raciones de carbohidratos previo al ejercicio. *PubliCe*. <https://publice.info/articulo/comportamiento-glicemico-durante-el-ejercicio-de-resistencia-aplicando-dos-tipos-de-raciones-de-carbohidratos-previo-al-ejercicio-459-sa-757cfb2714826c>
86. Rojo García, D. A., López Flores, R., & Carballo Ordoñez, F. (2021). Pie diabético y estilo de vida: Reporte de caso. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 22(1), 201-205. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v22i1.4137>

87. Ruíz, Á. (2022). *Vademécum de cocina alicantina* (Vol. 7). Universidad de Alicante. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AUqIEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=vademecum+de+cocina+alcantina&ots=IIA2n6GO8c&sig=6S48zgj1vJpiy2oPZbsS2V6PSi4#v=onepage&q=vademecum%20de%20cocina%20alcantina&f=false>
88. Salazar-Acosta, E. (2018). Almidón resistente en la nutrición de animales monogástricos I: concepto, clasificación y fuentes. *Nutrición Animal Tropical*, 12(2), 55-69. <https://doi.org/10.15517/nat.v12i2.35493>
89. Salluca, T., & Ajllahuanca-Callisaya, V. (2022). Índice glicémico y carga glicémica de Galletas de Chuño. *Revista CON-CIENCIA*, 10(1), 33-45. <https://doi.org/10.53287/fhcw4226lh68n>
90. Sanhua, V. M., Camacho, A. R., Juárez, P. E., Castañeda, D. M., Plaza, M. F. G. C., & Hernández, B. V. (2021). Evaluación de una intervención educativa en el estilo de vida para prevenir prediabetes o diabetes tipo 2 en niños mexicanos. *Anales Médicos de la Asociación Médica del Centro Médico ABC*, 66(1), 25-35. <https://dx.doi.org/10.35366/99486>
91. Sistiaga, A., Husain, F., Uribelarrea, D., Martín-Perea, D. M., Ferland, T., Freeman, K. H., ... & Summons, R. E. (2020). Microbial biomarkers reveal a hydrothermally active landscape at Olduvai Gorge at the dawn of the Acheulean, 1.7 Ma. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(40), 24720-24728. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004532117>
92. Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O., & Mejía-España, D. F. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información tecnológica*, 30(6), 35-44. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>
93. Statista 2022. El sector de la restauración en España - Datos estadísticos. <https://es.statista.com/temas/6557/la-restauracion-en-espana/#topicOverview> (Fecha de acceso 16 de junio de 2023).
94. Suma Positiva (2022). Aplana la Curva (de la glucosa). <https://www.sumapositiva.com/p/curva-glucosa> (Fecha de acceso 6 de junio de 2023).
95. Tasiguano, B. L., Villarreal, C., Schmieles, M., & Vernaza, M. G. (2019). Efecto del tiempo de Cocción del Zapallo (*Cucurbita maxima*) y la adición de Glucosa Oxidasa en el Aumento de Almidón Resistente del Pan de Molde. *Información tecnológica*, 30(3), 167-178. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300167>

96. UNE (2017). UNE 167013:2017. Hostelería. Servicios de restauración. Requisitos de prestación del servicio. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0058650>
97. UNED (2023). Universidad Nacional de Educación a Distancia. Guía de Alimentación y Salud UNED: Alimentación en la diabetes. Manual de consulta: Producción de Insulina. https://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-/guia/enfermedades/diabetes/manual_produccion_de_ins.htm
98. Universidad de Sydney. Glycemic Index (2023). Glycemic Index Research and GI News. <https://glycemicindex.com/> (Fecha de acceso 10 de mayo de 2023).
99. Valero Gaspar, T., Ávila Torres, J. M., & Varela Moreiras, G. (2018). Educación para una gastronomía saludable: retos y oportunidades en la alimentación institucional. *Nutrición Hospitalaria*, 35(SPE4), 56-60. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112018000700011
100. Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271-278. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>
101. Voyer, L. E., & Alvarado, C. (2019). Reacción de Maillard: Efectos patogénicos. *Medicina (Buenos Aires)*, 79(2), 137-143. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802019000300008
102. Xiao, H. W., Pan, Z., Deng, L. Z., El-Mashad, H. M., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., ... & Zhang, Q. (2017). Recent developments and trends in thermal blanching—A comprehensive review. *Information processing in agriculture*, 4(2), 101-127. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>
103. Yu, L., & Christie, G. (2005). Microstructure and mechanical properties of orientated thermoplastic starches. *Journal of materials science*, 40, 111-116. <https://doi.org/10.1007/s10853-005-5694-1>