



FACULTAD DE FARMACIA

ESCUELA DE NUTRICION Y DIETÉTICA

EVALUACIÓN DE LA HARINA DE PLÁTANO SOBREMADURO COMO BASE DE UN
ALIMENTO SALUDABLE

TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN NUTRICIÓN Y
DIETÉTICA Y AL TÍTULO DE NUTRICIONISTA

GABRIELA CÁCERES ESCOBAR

PAULINA MENESES GÓMEZ

DIRECTOR DE TESIS. CARMEN SOTO MALDONADO

CO-DIRECTOR DE TESIS. MARCELA ALVIÑA WALKER

2016

DEDICATORIA

Quiero agradecer a mi madre y su pareja por estar presente en cada etapa de este largo camino, por el apoyo incondicional y por haberme reconfortado cada vez que lo necesité. Sin su afecto y ayuda no podría haber llegado hasta el final. Muy especialmente quiero agradecer y dedicar este trabajo a mi padre que se encuentra en el cielo, quien siempre me enseñó a ser una mejor persona. Por último, y no menos importante, a mi pareja por ayudarme y contenerme cada vez que lo necesité, sin su compañía no podría haberlo logrado. Gracias a mi compañera de tesis Gabriela Cáceres por el apoyo, responsabilidad y por hacer esta experiencia más agradable.

Paulina Meneses Gómez.

Agradezco a mi familia y mi pareja por el apoyo brindado durante esta larga etapa, su paciencia y consejos para seguir adelante cuando las fuerzas faltaban, a mis padres Rosa y Alfredo que, a pesar de estar lejos, siempre han sido un pilar fundamental en mi desarrollo como persona y profesional. A mi compañera de tesis, Paulina Meneses por su paciencia y entrega con nuestro trabajo.

Gabriela Cáceres Escobar.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a nuestra directora de tesis Carmen Soto, por acompañarnos durante este largo proceso, por su paciencia, disposición para aclarar nuestras dudas y su apoyo hasta el final. También agradecer a nuestra Co-directora Marcela Alviña y profesoras informantes Carolina Hernández y Paola Vera por su interés y colaboración.

A las personas que participaron en nuestro estudio, agradecemos su disposición y ayuda desinteresada.

CONTENIDO

MARCO TEÓRICO.....	8
Harinas y sus componentes	9
El plátano y sus constituyentes.....	13
Procesos de modificación de almidón y azúcares.	16
Evaluación sensorial.....	22
Respuesta glicémica	22
Etiquetado nutricional. ley 26.606	23
OBJETIVOS	26
Objetivo general	26
Objetivos específicos.....	26
METODOLOGÍA	27
I. Elaboración de harina de plátano sobremaduro	27
1. Materiales para la elaboración de harina de plátano sobremaduro.....	27
2. Proceso enzimático para la modificación de perfil de azúcares de harina de plátano sobremaduro.....	28
3. Métodos para la caracterización de la harina de plátano sobremaduro	29
II. Elaboración del producto saludable en base a harina de plátano sobremaduro	30
1. Proceso de elaboración de magdalenas	30
2. Pruebas de elaboración de magdalenas con harina de plátano sobremaduro	32
3. Evaluación sensorial de las magdalenas.....	33
4. Evaluación de la Respuesta glicémica tras la ingesta de la magdalena.....	34
5. Cálculo de área bajo la curva, ig y cg.....	35
6. Etiquetado nutricional	36
7. Análisis estadístico	36

RESULTADOS.....	37
I. Caracterización de la harina de plátano sobremaduro (Musa Cavendish)	37
1. Tratamiento enzimático de la harina de plátano sobremaduro	39
1. Modificación del almidón de plátano sobremaduro	40
II. Preparación del producto saludable.....	43
1. Evaluación sensorial.....	45
2. Respuesta glicémica pan blanco y magdalena de plátano sobremaduro	50
5. Análisis del etiquetado nutricional por etapas (ley 20.606)	54
DISCUSIÓN	56
I. Caracterización de la harina de plátano	56
1. Tratamiento enzimático	58
II. Elaboración.....	60
2. Respuesta glicémica	66
3. Análisis del etiquetado nutricional	68
CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	72

Resumen

Introducción. Los plátanos son uno de los productos frutícolas de mayor consumo en Chile, principalmente la subespecie *Musa cavendish* (AAA). Cerca de 30 mil toneladas de plátano sobremaduro se pierden anualmente, por lo que una opción es elaborar harina de plátano sobremaduro para preparar productos de pastelería saludable.

Objetivo. Desarrollar un producto saludable con características organolépticas aceptables, a base de harina de plátano (*Musa cavendish*) sobremaduro tratada o no enzimáticamente, apto para el consumo humano.

Métodos. Se elaboró harina de plátano sobremaduro, evaluándose el efecto de varios tratamientos enzimáticos. Con la harina se realizaron 12 prototipos de magdalenas, que fueron evaluadas sensorialmente, seleccionándose aquella que conjuga aceptabilidad con calidad nutricional. Se evaluó Respuesta Glicémica (RG) en 15 sujetos con la magdalena seleccionada en comparación a pan blanco (estándar). Los resultados se presentan como promedio y Desviación Estándar (DE). Significancia estadística ($p < 0,05$).

Resultados. La harina de plátano sobremaduro presentó un 62,16% de carbohidratos, 18,2% de fibra dietética, un 3,4% de almidón resistente (AR), y una actividad antioxidante de $8386 \pm 318,5$ unidades ORAC. Los tratamientos enzimáticos estudiados sólo generaron azúcares simples por lo que fueron descartados. La magdalena seleccionada en base a sus características organolépticas y nutricionales fue el modelo “L”, que contiene un 50% de harina de plátano. En cuanto a la respuesta glicémica, si bien al comparar ambos alimentos no hay una diferencia significativa ($p > 0,05$), si existe un menor Índice Glicémico (IG) y Carga Glicémica (CG) en comparación al pan (estándar).

Conclusión. La producción de harina de plátano sobremaduro es factible, obteniendo teóricamente un alimento nutricionalmente saludable, libre de sellos (según la ley 20.606), y con menor IG y CG en comparación a un producto tan consumido como el pan blanco. Se requieren mayores estudios para comprobar efectos saludables a largo plazo.

Summary

Introduction. Bananas are one of the most consumed fruit products in Chile, mainly the subspecies *Musa cavendish* (AAA). About 30 thousand tons of over-ripened banana are lost annually, so one option is to make over-ripened banana flour to prepare healthy pastry products.

Objective. Develop a healthy product with acceptable organoleptic characteristics, based on over-ripe banana flour (*Musa cavendish*) treated or non-treated enzymatically, suitable for human consumption.

Methods. Over-ripe banana flour was prepared, evaluating the effect of several enzymatic treatments. Twelve prototypes of cupcakes were made with the flour, which were evaluated sensorially, selecting the one with the best acceptability and nutritional quality. The Glycemic Response (RG) was evaluated in 15 subjects with the selected cupcake compared to white bread (standard). The results are presented as mean and standard deviation (SD). Statistical significance ($p < 0.05$).

Results. Over-ripe banana meal had 62.16% carbohydrate, 18.2% diet fiber, 3.4% starch resistant (AR), and an antioxidant activity of 8386 ± 318.5 ORAC units. The enzymatic treatments studied only generated simple sugars so they were discarded. The selected muffin based on its organoleptic and nutritional characteristics was the "L" model, which contains 50% banana flour. Regarding the glycemic response, although there is no significant difference when comparing both foods ($p > 0.05$), there is a lower Glycemic Index (GI) and Glycemic Load (GI) compared to bread (standard).

Conclusion. The production of banana meal is feasible, theoretically obtaining a nutritionally healthy food, free of seals (according to the law 20.606), and with lower GI and CG compared to a product as consumed as white bread. More studies are needed to test for long-term health effects.

MARCO TEÓRICO

El incremento en la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), tales como obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, han sido atribuidos a cambios en el estilo de vida, como el sedentarismo, estrés e ingesta de alimentos con un alto contenido calórico (Huggett & Schliter, 1996).

Según la Encuesta Nacional de Salud (ENS), la prevalencia de Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) es elevada en la población chilena. Patologías como diabetes, hipertensión arterial y dislipidemias son enfermedades en que la nutrición tiene un rol muy importante tanto en la prevención como en su tratamiento (Ministerio de Salud, 2009-2010).

En el año 2014, la diabetes en nuestro país se estimó en 11,19%, muy por encima del promedio mundial (8,19%) mientras que a nivel internacional la mitad de aquellos con la enfermedad desconoce su condición, en Chile sobre el 85% la conoce (International Diabetes Federation, 2015) (MINSAL, 2010).

La alta prevalencia de las ECNT está directamente relacionada con el tipo de alimentación a nivel país, caracterizado por una baja ingesta de alimentos saludables, definidos como “aquellos que, en su estado natural o con un mínimo de procesamiento, tienen compuestos con propiedades beneficiosas para la salud”, como las frutas y verduras, entre otros. (Zuleta & Araya, 2003; Zuleta & Araya, 2009). Por el contrario, es cada vez mayor el consumo de alimentos procesados, con elevadas cantidades de azúcares simples, grasas saturadas, sodio

y además contener una mínima cantidad de fibra dietética o presencia de compuestos bioactivos beneficiosos para nuestra salud. (Fundación Chile, 2014).

A raíz de esto, en la última década han surgido numerosos productos “saludables” dirigidos a personas con patologías crónicas y/o exceso de peso, principalmente basados en la carencia o disminución de algún componente del alimento/producto considerado no beneficioso, los que han tenido un crecimiento promedio de un 15% del total de ventas de productos procesados, destacándose las ventas de bebidas reducidas en azúcar y los alimentos procesados reducidos en grasa. Ambos, tienen una participación del 61% y 34% de las ventas de su categoría, respectivamente (Fundación Chile, 2014).

El crecimiento del mercado a base de productos más “saludables” demuestra un interés de la población por una alimentación menos dañina, no obstante, el mercado de los alimentos procesados “comunes” alcanza un volumen de ventas cercano a los US\$11 billones anuales. Dentro de esta industria, las categorías de panadería y productos horneados, como galletas y pasteles hechos en base de harinas refinadas, representaron el 36% de las ventas de alimentos procesados durante el año 2012 (Fundación Chile, 2014).

HARINAS Y SUS COMPONENTES

La harina de trigo ha sido parte de la dieta desde muchos siglos atrás, ya que es el principal constituyente del pan, productos de bollería y pastelería y constituye una buena fuente energética. Según el RSA (Reglamento Sanitario de los Alimentos) se define. “Harina, sin otro calificativo, es el producto pulverulento obtenido por la molienda gradual y sistemática

de granos de trigo de la especie *Triticum aestivum sp. vulgare*, previa separación de las impurezas, hasta un grado de extracción determinado” (RSA, 2015).

Los principales componentes de la harina son Hidratos de Carbono (CHO) que principalmente se encuentran como almidón, formando la mayor parte de la molécula calórica del alimento. En la mayoría de las harinas comerciales se utiliza el grano desprovisto de su cáscara, lo que genera un producto bajo en Fibra Dietética (FD).

La FD se compone de polisacáridos de origen vegetal, que resisten la acción de las enzimas del tracto gastrointestinal y se puede subdividir en dos fracciones: fibra insoluble y soluble (Watson & Smith, 2009).

La fibra insoluble está constituida por el material estructural de las paredes de las células vegetales (tallos, hojas, cubiertas de granos, etc.) y fundamentalmente consta de celulosa, hemicelulosa y lignina, siendo la celulosa el componente mayoritario de la fibra. Algunos de sus beneficios son estimular los movimientos intestinales y favorecer el tránsito intestinal, remover los desechos tóxicos del colon, ayudar a disminuir la incidencia de cáncer de colon al mantener un pH óptimo en el intestino, por otro lado, la fibra soluble está constituida por pectinas, gomas y mucílagos, a las que se les atribuye un efecto benéfico ya que absorben el colesterol dietético (Watson & Smith, 2009) (Hernández M. , 1999).

La FD disminuye la respuesta glicémica y por este mecanismo, aumenta la saciedad y podría producir una menor ingesta calórica. Por otra parte, la fibra tiene un aporte energético bastante más bajo que los CHO disponibles, lo que reduce el valor calórico total, además, el

hecho de disminuir el tiempo de tránsito y absorber agua hace que la absorción de nutrientes sea menor y que se produzca una sensación de mayor saciedad (Zuleta & Araya, 2003).

En este mismo aspecto, el índice glicémico (IG) se define como el área de incremento bajo la curva de repuesta glicémica de una porción de 50 gramos de carbohidratos de un alimento de ensayo, expresado en porcentaje de respuesta a la misma cantidad de carbohidratos de un alimento estándar ingerido por el mismo sujeto (FAO, 1999). La literatura refiere valores de IG iguales o superiores a 70 como poco saludables y bajo 45 o 40 como saludables y, por lo tanto, recomendables (Levitan y otros 2007, Hare-Bruun y otros 2006; Zuleta & Araya, 2003).

Mientras que los alimentos de alto IG promueven un aumento de la glicemia plasmática, como sucede en los productos procesados debido al exceso de hidratos de carbono simples (sacarosa, fructosa, etc.) y baja cantidad de fibra, los alimentos de bajo índice glicémico mantienen niveles estables de glicemia plasmática y una mayor saciedad (Zuleta & Araya, 2009), siendo asociados con un mayor contenido de fibra dietética, como sucede con las leguminosas, cereales de grano entero, verduras y frutas, entre otros (Aparicio, Sayago-Ayerdib, Vargas-Torresa, & Tovare, 2007).

Al realizar este análisis, la fibra sería un componente a considerar en la elaboración de harinas, debido a los beneficios que otorga, como disminuir el colesterol sanguíneo al absorber el colesterol dietario, retardar el vaciamiento gástrico y reducir la glicemia plasmática postprandial (Cornejo & Cruchet, 2014).

Conociendo el bajo contenido nutricional de la harina de trigo regular debido al refinamiento del grano y su consecuente pérdida de FD y micronutrientes presentes en la cáscara del grano, se ha comenzado a buscar nuevas alternativas que entreguen mayores beneficios a la salud, y/o que puedan ser utilizados por poblaciones específicas (como celíacos, diabéticos, etc.).

Entre las alternativas a la harina de trigo están el arroz, maíz, centeno, que se encuentran actualmente en el mercado, pero con poca aceptabilidad por el consumidor chileno. También existen harinas producidas en base a cereales no convencionales que se caracterizan por poseer mayor cantidad de proteínas como las harinas de quínoa y amaranto, harinas en base a leguminosas debido a su importante contenido de lisina (aminoácido del que carece la harina de trigo) como el garbanzo, chícharo, lentejas, entre otros. Otras alternativas son las harinas a base de frutas, por su contenido de FD al usar la cáscara y el dulzor natural que puede ser utilizado para disminuir el uso de azúcar en los productos finales (Jiménez-Munguía, Bárcenas-Pozos, & Torres-González, 2014).

Dentro de las harinas de fruta, existe investigación relacionada a productos realizados en base a harina de plátano verde, ya que contiene un 61,7% de almidón, del cual un 30% es almidón resistente (Liao & Hung, 2015), el cual es considerado un tipo de FD asociado a la disminución de la carga glicémica de la dieta y a la reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, al no ser digerible por el sistema digestivo humano (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009), mientras que la harina de plátano maduro de la subespecie *Cavendish*, de la cual profundizaremos más adelante, es el fruto mayor

importación a nivel país, no ha sido muy estudiada, representando un potencial importante y novedoso como materia prima para las industrias de alimentos procesados.

EL PLÁTANO Y SUS CONSTITUYENTES

Los plátanos son uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), a nivel mundial se producen aproximadamente 103 millones de toneladas anuales de las cuales 71 millones de toneladas corresponden a plátanos dulces, principalmente del subgrupo *Cavendish* (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009).

La subespecie *Cavendish* (AAA) es cultivada con métodos de cultivo intensivo, es un tipo de postre de exportación (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009) y en Chile es uno de los productos frutícolas de mayor consumo, siendo importado casi en su totalidad el tipo maduro que se consume fresco. Se estima que al año se importan más de 150 mil toneladas, de las cuales puede haber hasta un 20% de pérdida anual, es decir, cerca de 30 mil toneladas de plátano (CREAS).

El plátano maduro está constituido por la pulpa y la cáscara que es desechada. Su pulpa es una de las más calóricas entre las frutas (90 kcal/100g), comprende el 75% de agua y aproximadamente 20 g de hidratos de carbono en total por 100 g de peso fresco, de los cuales la FD corresponde a 2 g por 100 g de peso fresco. Dentro de su aporte de minerales el potasio sobresale con valores estimados en el rango de 1150 mg por 100 g de peso seco. Además, es

rica en azúcares simples como la sacarosa (53,2%) (*Tabla 1*) (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009).

Tabla 1. Composición química del plátano dulce y plátano verde en sus diferentes estados fisiológicos, y transformaciones, por 100 g de peso fresco

Componente o parámetro	Unidad	Pulpa de plátano				Pulpa de plátano verde	
		Maduro	Inmaduro	Desecado	Harina	Inmaduro	Maduro
Energía	Kcal	89	110	257	340	91	122
Agua	g	74	69	28	3,0	63	65
Proteínas	g	1,1	1,4	3,0	3,9	0,8	1,3
Lípidos Totales	g	0,3	0,2	1,0	1,8	0,1	0,37
Carbohidratos	g	21,8	28,7	63,0	82,1	24,3	32
Fibra dietética	g	2,0	0,5	5,5	7,6	5,4	2,0-3,4
Sodio	mg	1,0		8,0	3,0		4,0
Potasio	mg	385,0		1150,0	1491,0		500
Magnesio	mg	30		90,0	108,0	33	35,0
Hierro	mg	0,42	0,9	1,3	1,15	0,5	0,6

Fuente. (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009)

Junto con lo anterior se debe tener en cuenta que la composición de los plátanos cambia dramáticamente durante la maduración (*Tabla 2*). En base seca, el contenido medio de almidón en el plátano verde (inmaduro) se reduce de un 70-80% en el período pre-climaterio (antes de la descomposición del almidón) a menos de 1% al final del período climatérico, mientras que los azúcares, principalmente sacarosa, se acumulan hasta un 16% o más del peso del plátano amarillo (maduro), lo que indica una alta tasa de conversión, como es posible apreciar en la *Tabla 2* (Pingyi, Roy, & James , 2005).

Tabla 2. Propiedades a diferentes etapas de maduración del plátano fresco

Propiedades	Color cáscara	Almidón (%)	Tamaño del gránulo (μm)	Azúcares Reductores (%)	Sacarina (%)	T. de gelatinización ($^{\circ}\text{C}$)
Etapas						
1	Verde	61,7	6-60	0,2	1,2	74-81
2	Verde	58,6	9-66	1,3	6,0	75-80
3	Verde/traza de amarillo	42,4	18-60	10,8	18,4	77-81
4	Mas verde que amarillo	39,8	18-60	11,5	21,4	75-78
5	Mas amarillo que verde	37,6	18-75	12,4	27,9	76-81
6	Amarillo con puntas verdes	9,7	20-60	15,0	53,1	76-80
7	Amarillo	6,3	18-60	31,2	51,9	76-83
8	Amarillo/pocos puntos marrón	3,3	15-61	33,8	52,0	79-83
9	Amarillo/muchos puntos marrón	2,6	--	33,6	53,2	--

Fuente. (Lii, Chang, & Young, 1982).

Por su parte, la cáscara de plátano maduro representa un 40% del total del peso de la fruta fresca (Fatemeh , Saifullah, Abbas, & Azhar, 2012) y se ha determinado que la maduración muestra un impacto positivo en la composición de FD de la cáscara, compuesta principalmente de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina (Blasco & Gomez, 2014), (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009).

El aumento de azúcares simples durante el proceso de maduración se asocia al cambio visual, donde la cáscara y la pulpa comienzan a presentar una coloración café (tal como se muestra en la *Figura 1*) y su textura se vuelve excesivamente blanda haciendo que la fruta no sea muy aceptada. (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009).

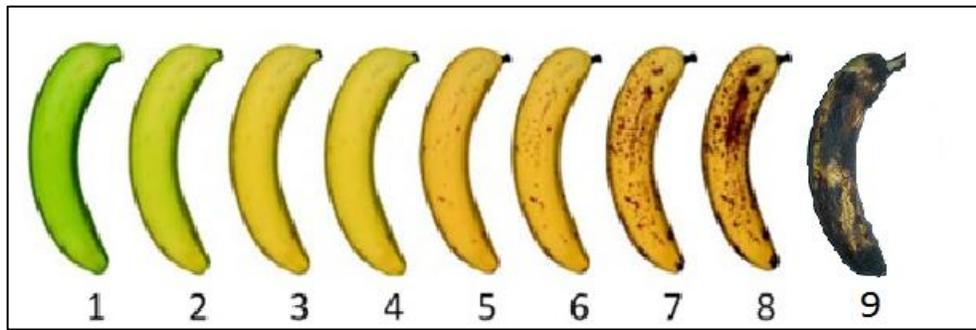


Figura 1. Etapas de madurez del plátano según Von Loesecke (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009; Von Loesecke, 1950)

No obstante, este fruto mantiene propiedades nutricionales que permiten que sea usado como materia prima y así obtener productos de mejores características mediante la modificación de sus componentes (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009).

PROCESOS DE MODIFICACIÓN DE ALMIDÓN Y AZÚCARES.

El almidón es un hidrato de carbono que forma parte de la composición de variados alimentos, entre ellos el plátano, y se compone de amilosa y amilopectina (*Figura 2*).

La funcionalidad de los almidones depende de las proporciones de sus componentes amilosa y amilopectina, su tamaño y estructura molecular, las propiedades de los gránulos de almidón, y hasta cierto grado, otros componentes (lípidos y proteínas) asociados con los gránulos.

Mientras la amilosa es una cadena simple de enlaces α 1-4 con una gran tendencia a gelificar en caliente y precipitar cuando se enfría como consecuencia de la retrogradación, la

amilopectina es una cadena altamente ramificada de enlaces α 1-4 que se unen mediante enlaces α 1-6 que suele dar soluciones muy viscosas, pero no es capaz de formar redes moleculares propias de los geles. Ambas estructuras se muestran en la *Figura 2* (Bello, 2000).

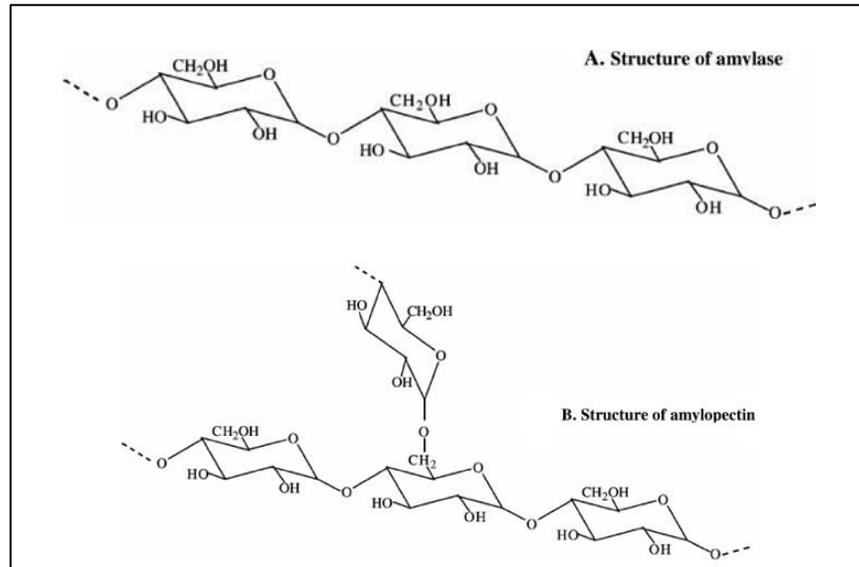


Figura 2. Ordenamiento de las moléculas de amilosa y amilopectina en el granulo de almidón

Fuente. (Bello, 2000)

La condición física del almidón (microestructura) es un factor importante que determinaría la digestibilidad. La microestructura del granulo de almidón y de la matriz que lo contiene estaría determinando la proporción máxima de almidón digerido, así como la velocidad a la que ésta digestión se realiza. Esto se debe a las diferencias en la accesibilidad física de las enzimas digestivas al presentarse diferentes estructuras (estructuras ordenadas o compactas son menos accesibles que estructuras desordenadas o abiertas). Lo anterior toma real importancia si consideramos que la digestibilidad sería un punto importante que determinaría, la respuesta glicémica y/o los efectos fisiológicos de cada alimento o dieta.

Esto implica, por ejemplo, para lograr digestiones lentas, con respuestas glicémicas "suaves", se debería preferir alimentos que presenten almidónes de estructuras más ordenadas o compactas, en reemplazo de otros con estructuras más desordenadas o abiertas (Parada S, 2008).

Particularmente en el caso del plátano sobremaduro, se acumulan los azúcares simples (mono y di sacáridos), lo cual no sería beneficioso considerando que será utilizado como materia prima para un producto saludable, es por esto que una alternativa es modificar estos CHO para producir almidónes con aplicaciones específicas dentro del producto final (Thomas & Atwell, 1999).

La modificación química es el tipo de modificación más común del almidón, la cual involucra principalmente reacciones asociadas con los grupos hidroxilos del polímero de almidón, cambiando su estructura y por consiguiente sus propiedades funcionales. Este tipo de modificación generalmente se realiza en medio acuoso, donde una suspensión de almidón es tratada con un reactivo químico bajo condiciones controladas de agitación, temperatura y pH (Thomas & Atwell, 1999).

Actualmente, entre algunos de los tratamientos permitidos y utilizados para producir almidónes modificados para uso alimenticio se incluyen el entrecruzamiento, la esterificación, y el tratamiento enzimático. Los almidónes modificados se utilizan dentro de la industria alimentaria (Thomas & Atwell, 1999).

El tratamiento por entrecruzamiento es la introducción aleatoria de enlaces covalentes intra e inter-moleculares en el gránulo de almidón, los cuales refuerzan los enlaces de hidrógeno que actúan como puentes entre las moléculas de almidón (Deval & Crini , 2004).

Los gránulos entrecruzados son más resistentes a altas temperaturas y pH ácido lo que permite mejorar las propiedades de textura, minimiza la ruptura del gránulo, la pérdida de viscosidad y forma una pasta fibrosa durante la cocción. El beneficio nutricional reportado para los almidones entrecruzados, es como una nueva fuente de FD. El principal agente químico utilizado para realizar el entrecruzamiento de los almidones con grado alimenticio es la epíclorohidrina (EPI). El entrecruzamiento de almidón de plátano con EPI produce el mayor nivel de entrecruzamiento, produciendo enlaces en el interior del gránulo (Rutenberg, 1984).

Como parte de otro tratamiento los almidones que son esterificados son llamados almidones estabilizados. El almidón es estabilizado mediante la introducción de grupos monofuncionales, como los grupos acetilo, hidroxilo, etc., a lo largo de las cadenas del polímero (Hart, Craine, Hart, & Hadad, 2007). Debido a la introducción de los grupos funcionales en la estructura del almidón, éstos sustituyen los enlaces de hidrógeno entre las cadenas, alterando su organización. La acción de estos grupos funcionales es de bloqueo y no permite la interacción entre las moléculas del almidón. En consecuencia, los almidones esterificados o estabilizados tienen bajas temperaturas de gelatinización, presentan altas viscosidades y previenen la retrogradación lo que implica tener una característica saludable (Lehmann & Robin, 2007).

Por último, las modificaciones del almidón que son llevadas a cabo mediante enzimas, empleadas de forma más común por el mayor control en el proceso y la baja energía que se necesita (Thomas & Atwell, 1999).

En el caso del almidón de plátano este proceso de hidrólisis se puede realizar mediante el uso de 2 tipos de enzimas. Las amilasas y las transglucosidasas, las primeras modifican la estructura tanto de la amilosa como de la amilopectina. Se ha reportado que la α -amilasa hidroliza los enlaces $\alpha,1-4$ desde el extremo no reductor de las cadenas de amilosa y amilopectina (prefiriendo a la amilopectina por la abundancia de extremos no reductores en comparación con la amilosa), formando residuos de maltosas, por lo tanto se sugiere que la β -amilasa acorta las cadenas de estas dos moléculas, lo cual modifica las propiedades de digestión del almidón, y genera un incremento de Almidón Resistente (AR) que puede ser debido a la reasociación de las cadenas largas de amilosa (Wrolstad, 2012). Por otro lado, la transglucosidasa puede formar enlaces $\alpha,1-6$ utilizando los residuos de maltosa obtenidos por la acción de la β -amilasa, disminuyendo así la actividad de las enzimas encargadas de la digestión del almidón (α -amilasa), lo cual provoca la disminución de la velocidad con la que se digiere (Goñi, 1997).

La hidrólisis del almidón con amilasa produce la maltosa, un azúcar simple (disacárido de glucosa) que aporta 4 kcal/g y también puede producir los isomaltooligosacaridos (IMO). Los IMO consisten en dos a cinco moléculas de glucosa unidas entre sí a través de enlaces glicosídicos α ($1 \rightarrow 6$). Su método de producción convencional implica la hidrólisis de almidón a oligómeros usando amilasas y la conversión de estos a oligómeros a oligosacáridos usando transglucosidasa (transferencia de moléculas) (Chockchaisawasdee & Poosarán,

2013). Son un ingrediente que se puede considerar como FD con efectos prebióticos y con un bajo nivel de calorías (3 kcal/g en promedio). El uso máximo tolerable de IMO por día es de unos 45 gramos sin ningún efecto adverso, son resistentes a la digestión en el estómago y parcialmente hidrolizados por la α -amilasa en el intestino delgado. Sin embargo, pueden ser fermentados en el colon por la microbiota, principalmente lactobacilos y bifidobacterias por lo que son considerados parcialmente prebióticos (Chockchaisawasdee & Poosarán, 2013).

Luego de que los IMO son fermentados por la microflora fecal se producen los Ácidos Grasos de Cadena Corta (AGCC), tales como acetato, propionato y butirato. Además, los IMO son ampliamente utilizados en diversos alimentos y bebidas como edulcorantes, ya que tienen 40% de la dulzura de la sacarosa y un poder calorífico de 2,8 a 3,2 kcal/g. (Mussatto & Mancilha, 2007; Lin & Xiao, 2011; Gibson, 2008; Chockchaisawasdee & Poosarán, 2013).

Los tratamientos para modificar el almidón son una opción para mejorar la calidad de la harina de plátano sobremaduro siendo la opción más segura el tratamiento enzimático ya que permite resultados más específicos y están aprobados para su uso en alimentos. (Rodríguez Alegría, 2014).

Dado el hecho de la poca oferta del mercado en cuanto a productos saludables, la idea de crear un producto saludable con harina de plátano en remplazo total o parcial de la harina de trigo, evaluar mezclas de harinas y otros ingredientes que posean mejores características nutricionales entregándole un valor adicional al producto, es una alternativa a ser evaluada, que bajo criterios de aceptabilidad (evaluación sensorial) y ante una validación sobre sus

características saludables, permitiría obtener un producto nuevo con potencial comercializable que pueda ser introducido en un mercado en crecimiento a nivel nacional.

EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial surge como disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. Además, la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta (marketing) (Anzaldua, 1994).

Ahora, si bien, un producto puede ser ampliamente aceptado, se debe comprobar su efecto positivo en términos nutricionales en comparación a lo que ofrece el mercado actualmente.

RESPUESTA GLICÉMICA

Una de las opciones para demostrar un posible efecto positivo del consumo de un producto es la evaluación de la respuesta glicémica.

En ayuno la concentración plasmática de glucosa tiene un valor dado, que podríamos denominar basal. Al consumir un alimento que contiene carbohidratos (simples o complejos) esta concentración plasmática sube hasta un máximo, para luego bajar y llegar a su valor de origen, proceso el cual toma entre 15 a 45 minutos, como regla general. Esta respuesta de la

concentración plasmática de glucosa a la ingesta de alimentos es lo que se denomina respuesta glicémica (Browman & Rusell, 2001).

Asociado a la determinación del Índice glicémico (IG), también es importante saber la Carga Glicémica (CG) del alimento, valor que cuantifica el impacto de una porción habitual de un alimento con su determinado IG. Al incorporar la cantidad de carbohidratos digeribles por ración, logra evaluar mejor el impacto de una comida o merienda en la respuesta de la glucosa postprandial (Zambrano, 2013).

ETIQUETADO NUTRICIONAL. LEY 26.606

Otra forma de conocer el efecto positivo o negativo del consumo de un producto es mediante el análisis del etiquetado nutricional, lo que toma gran importancia debido a la implementación de una nueva ley en relación a este concepto en nuestro país.

La ley 20.606 entró en vigencia en el mes de junio del 2016, con el objetivo de mejorar la oferta de productos saludables y por consiguiente disminuir la oferta de productos no saludables. Uno de los pilares de esta ley son los sellos de advertencia “ALTO EN” (*Figura 3*) que permiten distinguir de manera más simple aquellos alimentos menos saludables y preferir los alimentos con menos sellos e idealmente los alimentos sin sellos. Cualquier alimento procesado debe pasar por este análisis y presentar los sellos de sobrepasar los límites establecidos en una o más de las características que exige la ley.

La presencia de uno o más sellos de advertencia en un producto nos indica que éste presenta niveles superiores a los límites establecidos por el Ministerio de Salud (*Figura 4 y Figura 5*), en relación a sodio, azúcares, grasas saturadas o calorías, los que se asocian a la obesidad

y otras enfermedades crónicas como hipertensión, diabetes, infartos, y algunos cánceres. Estos sellos nos aseguran el acceso a información clara y visible respecto de la composición de los alimentos, facilitando el que podamos realizar decisiones de compra más saludables. Los sellos de advertencia no prohíben consumir los alimentos que los presentan, pero nos invitan a hacer cambios graduales en nuestra alimentación, prefiriendo aquellos alimentos sin sellos o con menos sellos.



Figura 3. Sellos de advertencia “ALTO EN” que deben incluirse en los productos procesados que sobrepasen los límites establecidos por el Ministerio de Salud (MINSAL, 2015)

Nutriente ó Energía	ETAPA 1 Fecha de entrada en vigencia junio de 2016	ETAPA 2 24 meses después de entrada en vigencia	ETAPA 3 36 meses después de entrada en vigencia
Energía kcal/100 g	350	300	275
Sodio mg/100 g	800	500	400
Azúcares totales g/100 g	22,5	15	10
Grasas saturadas g/ 100 g	6	5	4

Figura 4. Límites de nutrientes o energía en alimentos solidos (MINSAL, 2015)

Nutriente ó Energía	ETAPA 1 Fecha de entrada en vigencia junio de 2016	ETAPA 2 24 meses después de entrada en vigencia	ETAPA 3 36 meses después de entrada en vigencia
Energía kcal/100ml	100	80	70
Sodio mg/100ml	100	100	100
Azúcares totales g/100ml	6	5	5
Grasa saturadas g/100ml	3	3	3

Figura 5. Límites de nutrientes o energía en alimentos líquidos (MINSAL, 2015)

Los límites son establecidos por 100 gramos ó 100 mililitros, ya que un alimento de buena calidad nutricional tiene menos calorías, azúcares, grasas saturadas y sodio en relación a otro alimento de características similares pero elaborado con materias primas de menor calidad nutricional.

Dado los antecedentes anteriores y considerando la gran cantidad de residuos alimentarios descartados que existen a nivel nacional, y en particular de plátano sobremaduro, y sus potencialidades, como la posibilidad de generar harina y modificar su calidad para elaborar una alternativa de producto saludable, se plantean los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un producto saludable con características organolépticas aceptables, a base de harina de plátano (*Musa Cavendish*) sobremaduro tratada o no tratada enzimáticamente, apto para el consumo humano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener harina de plátanos sobremaduros utilizando el fruto completo (cáscara y pulpa).
2. Evaluar la factibilidad de obtener harina de plátano sobremaduro mejorada tratada enzimáticamente.
3. Caracterizar físico-químicamente la harina de plátano sobremaduro obtenida.
4. Diseñar y formular un producto horneado con harina de plátano sobremaduro como alimento saludable.
5. Seleccionar el producto horneado con la proporción de harina de plátano según el nivel de aceptabilidad.
6. Evaluar el carácter saludable del alimento según respuesta glicémica y etiquetado nutricional.

METODOLOGÍA

A continuación, se indicarán las acciones a realizar para lograr los objetivos planteados.

I. ELABORACIÓN DE HARINA DE PLÁTANO SOBREMADURO

1. MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE PLÁTANO SOBREMADURO

Para elaborar la harina de plátano se utilizó plátano variedad *Musa Cavendish* en estado sobremaduro (Etapa 8-9 de maduración, según Loesecke 1950), el cual se obtuvo del mercado local de Valparaíso.

En el proceso de obtención de la harina se utilizó tanto la pulpa como la cáscara del alimento con el fin de poder aprovechar el fruto en su totalidad.

Durante una primera instancia los plátanos fueron lavados, cortados y deshidratados mediante el proceso de liofilización a -53°C , en la cual se utilizó un equipo ILSHIN, y posteriormente fue molido y tamizado, obteniendo así, la harina de plátano sobremaduro que fue finalmente caracterizada en base a su composición química proximal de macronutrientes (Proteínas, lípidos, carbohidratos), fibra dietética soluble e insoluble, humedad y cenizas. Además, se midió la cantidad de almidón que contenía.

2. PROCESO ENZIMÁTICO PARA LA MODIFICACIÓN DE PERFIL DE AZÚCARES DE HARINA DE PLÁTANO SOBREMADURO.

Se evaluó el efecto de un tratamiento enzimático sobre el perfil de azúcares de la harina de plátano sobremaduro, elaborada previamente, de manera de establecer si es posible producir IMO o AR.

Se utilizaron 3 catalizadores enzimáticos comerciales, Amylase AG 300 L (Novozymes, Dinamarca), AMG 1100 BG (Novozymes, Dinamarca) y Transglucosidase L “Amano” (Amano, Japón). Las enzimas fueron aplicadas sobre un lodo elaborado con harina de plátano sobremaduro y agua (250 g harina/ Kg mezcla); empleando 2 concentraciones enzimáticas, 1% y 5% con respecto a la masa de harina. El pH inicial de las reacciones enzimáticas fue de 5,61-5,64. La reacción enzimática se llevó a cabo hasta 5 horas, tomando muestras de 1 mL a distintos tiempos para evaluar el perfil de azúcares.

El perfil de azúcares se determinó mediante Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC) con un detector Infrarrojo (IR), empleando una columna Carbohydrates Ag 100+ (Benson Polymeric), empleando agua como fase móvil. Los resultados son expresados como concentración relativa (% del peak de las áreas).

3. MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE PLÁTANO SOBREMADURO

En la *tabla 3* se indican los métodos utilizados para la determinación de la composición de la harina de plátano sobremaduro.

Tabla 3. Análisis para la determinación de la composición proximal de la harina de plátano sobremaduro

Análisis	Metodología	Referencia
Humedad	Secado a 60°C en estufa a vacío, por 12 horas o hasta alcanzar peso constante	925.10 AOAC 1990
Proteínas	Digestión y destilación. Se determina por titulación del destilado Método de Kjeldhal	960.52 AOAC 1990
Lípidos	Extracción por solventes en equipo Soxhlet, con éter de petróleo, durante 6 horas	INN 1988
Cenizas	Calcinación a 500°C, previa carbonización en mechero. Se determina por diferencia de masa	923.03 AOAC 1990
Fibra dietética (FDS-FDI)	Método enzimático-gravimétrico: Kit TDFR de Megazyme	AOAC 991.43 AOAC 985.29
Carbohidratos	Método de diferencia*	
Azúcares totales	Método de Munson y walkers	AOAC 1984
Almidón y AR	Método enzimático colorimétrico Kit RSTAR de Megazyme	AOAC 2002.02
Antioxidantes	ORAC	(Prior et al., 2005; INTA, 2012)
Compuestos fenólicos	Folin-Ciocalteu	Vingleton y Rossi 1965

(Horwitz, 1990).

*Método por diferencia: 100- (Proteínas + grasa total + fibra dietética total + cenizas). Todos los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresan en g por 100 g de muestra seca.

II. ELABORACIÓN DEL PRODUCTO SALUDABLE EN BASE A HARINA DE PLÁTANO SOBREMADURO

1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE MAGDALENAS

Con la harina se elaboró un producto horneado como las magdalenas, caracterizadas por ser un producto altamente consumido por la población dado su sabor, textura y versatilidad, además de su prolongada vida útil (*Anexo 7*).

Tabla 4. Receta estándar 1 para la elaboración de una magdalena de 50 g

Ingredientes	Gramos o mililitros
Harina de trigo (g)	15
Azúcar (g)	8
Margarina (g)	9
Polvos de hornear (g)	0,7
Huevo entero (g)	8
Leche semidescremada (mL)	10
Sal (mg)	10
Total (g)	50,71

Tabla 5. Receta estándar 2 para la preparación de una magdalena de 50 g

Ingredientes	Gramos o mililitros
Harina de trigo (g)	18
Azúcar (g)	10
Aceite de Canola (mL)	6
Polvos de hornear (g)	0,7
Huevo entero (g)	5
Leche semidescremada (mL)	10
Sal (mg)	10
Total (g)	49,71

Para prepararlas se utilizaron dos recetas tradicionales de magdalenas (*tabla 4 y 5*), las cuales fueron modificadas mediante el uso de diferentes proporciones de harina de plátano en reemplazo total o parcial de la harina de trigo, además de la incorporación de otros ingredientes que otorgaran un valor nutricional agregado al producto.

La preparación de las magdalenas en términos generales es la siguiente: se depositaron los huevos y el azúcar en la batidora mezclándose de 1 a 3 minutos. Tras ello se añadió la leche semidescremada y la materia grasa, volviendo a batir hasta conseguir una mezcla homogénea, y a continuación, se depositaron los ingredientes sólidos premezclados (harina de trigo y plátano en la proporción indicada según el tipo de magdalena, tamizada junto a los polvos de hornear y una pizca de sal), de forma gradual para lograr una textura homogénea.

Posteriormente, la masa se dividió en pequeñas porciones, vaciándola en moldes individuales, para finalmente hornearlas a 180°C durante 25 minutos, en horno tradicional.

Una vez listas se retiraron del horno, se dejan enfriar a temperatura ambiente (23°C) y se envasaron.

Este procedimiento fue utilizado como base para preparar diferentes tipos de magdalenas con mezcla de harina de plátano sobremaduro, con la finalidad de encontrar la proporción adecuada con una buena aceptabilidad y a la vez con mejores características nutricionales que los productos de esta categoría disponibles en el mercado.

La elaboración de los distintos prototipos de magdalenas se realizó de manera secuencial y consideró la opinión del panel no entrenado en cuanto a las características de producto

testeado, y la búsqueda de incrementar las características nutricionales del producto, como por ejemplo elaborar un producto sin la adición de azúcar.

2. PRUEBAS DE ELABORACIÓN DE MAGDALENAS CON HARINA DE PLÁTANO SOBREMADURO

Una vez preparadas las magdalenas según la cantidad de prototipos, se realizó la evaluación tipo sensorial con un panel no entrenado de 10 personas para pre-seleccionar la mejor variante como muestra a presentar en la evaluación sensorial final. Las variantes de magdalenas utilizadas en las pruebas se detallan en las *tablas 5-6* y *anexos 3-4-5*.

Tabla 6. Magdalenas en base a la receta estándar 1

Tipo de magdalena	Características
Magdalena A	50% Harina de Trigo -50% Harina de Plátano –Margarina-Azúcar
Magdalena B	50% Harina de Trigo -50% Harina de Plátano –Margarina- Sin Azúcar
Magdalena C	50% Harina de Trigo -50% Harina de Plátano –Margarina- Mitad de Azúcar
Magdalena D	60% Harina de Trigo -40% Harina de Plátano –Margarina- Mitad de Azúcar
Magdalena E	100% Harina de Plátano- Margarina- Mitad de Azúcar
Magdalena F	50% Almidón de Maíz - 50% Harina de Plátano –Margarina- Mitad de Azúcar
Magdalena G	50% Almidón de Maíz - 50% Harina de Plátano –Margarina- Stevia en gotas

Tabla 7. Magdalenas en base a la receta estándar 2

Tipo de magdalena	Características
Magdalena H	70% Harina de Trigo -30% Harina de Plátano –Aceite - Azúcar
Magdalena I	50% Almidón de Maíz - 50% Harina de Plátano –Aceite –Azúcar Light con Stevia
Magdalena J	50% Almidón de Maíz -50% Harina de Plátano –Aceite-Edul. con Stevia en polvo
Magdalena K	100% Harina de Plátano – Aceite- Stevia en polvo
Magdalena L	50% Harina Integral de Trigo- 50% Harina de Plátano- Aceite-Endulzante con Stevia en polvo

3. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MAGDALENAS

Los 12 prototipos desarrollados previamente fueron evaluados sensorialmente de acuerdo a lo que se presenta a continuación:

Sujetos: 10 evaluadores no entrenados con edades entre 19 y 64 años, 5 hombres y 5 mujeres, una media de IMC $28,2 \pm 5,8$ que evaluaron sensorialmente las 12 variedades de magdalenas en base a las 2 recetas estándar con diferentes proporciones de harina de plátano sobremaduro, que se subdividieron en dos grupos como se visualiza en las *Tablas 6 y 7*.

Esta evaluación permitió pre-seleccionar 2 magdalenas en base a sus características organolépticas y/o nutricionales, que posteriormente fueron evaluadas por un panel de 25 sujetos que permitiese definir de mejor manera la aceptabilidad del producto.

Procedimiento: mediante una entrevista simple y tras completar una ficha médica (*Anexo 2*), se seleccionó a los voluntarios que cumplieran con los criterios de inclusión. Una vez que los sujetos se informaron de los objetivos, procedimiento y posibles efectos adversos, se les solicitó firmar una carta de consentimiento informado (*Anexo 6*).

Durante el proceso de evaluación sensorial cada sujeto recibió una muestra realizada con la mezcla de harina de trigo y harina de plátano sobremaduro junto con una encuesta de tipo escala hedónica, la cual asignó una puntuación de 1 a 7, donde el sujeto valoró las características olor, color, sabor y textura por separado, siendo 5 el punto de corte mínimo para entender al producto como aceptado (*Anexo 1*). Además, al final de la encuesta se

presentó un ítem de tipo cualitativo en donde se solicitó al evaluador su opinión y sugerencias de cambios respecto al producto.

Los resultados se presentan como promedio y DE y se procesaron mediante análisis de varianza ANOVA de una vía, para muestras relacionadas.

4. EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA GLICÉMICA TRAS LA INGESTA DE LA MAGDALENA

Se evaluó la respuesta glicémica tras la ingesta de un prototipo seleccionado previamente, mediante el test de aceptabilidad, y sus características nutricionales vs pan.

Sujetos: 15 voluntarios fueron reclutados en distintas zonas de la Región de Valparaíso, con edades entre 19 y 72 años, 8 hombres y 7 mujeres $28,2 \pm 5,8$ y que cumplieran los siguientes criterios: no haber perdido peso de manera abrupta en el último tiempo, no estar realizando alguna dieta estricta y sin patologías agudas o crónicas.

Procedimiento: Se les pidió a los sujetos completar una ficha médica (*Anexo 2*) que confirmo su compatibilidad para poder participar en el estudio. Sumado a lo anterior se explicó el protocolo de estudio tras previa firma del consentimiento informado (*Anexo 6*).

El día anterior a las pruebas de respuesta glicémica se les indicó vía telefónica a cada participante que siga su dieta normal, con excepción del consumo de bebidas alcohólicas y tener un ayuno de 8 a 10hrs.

El día de la prueba se midió peso y talla a cada uno de los sujetos en ayuno. Para la medición de la circunferencia de cintura se consideró el punto medio entre el último reborde costal y el borde superior de la cresta iliaca.

La medición de glicemia se realizó mediante un dispositivo electrónico (Accu-chek, Active® (Laboratorio Roche) que midió el nivel de glicemia en sangre capilar.

Se tomó la primera muestra en ayuno y luego se les entregó a cada participante la cantidad de pan blanco con 50 g de CHO disponibles (que se utiliza como estándar para el posterior cálculo del IG) o la magdalena de harina de plátano sobremaduro (con 50 g de CHO disponibles) según correspondía, para posteriormente volver a tomar una muestra de la glicemia capilar a los 30, 60, y 120 minutos después de haber ingerido la muestra. Ambas pruebas se realizaron en días no consecutivos.

5. CÁLCULO DE ÁREA BAJO LA CURVA, IG Y CG

La respuesta glicémica postprandial (expresada como promedio \pm desviación estándar) fue evaluada como Área de incremento Bajo la Curva (ABC), calculada geométricamente utilizando el método trapezoidal, excluyendo el área bajo la línea de base (glicemia de ayuno) en el período de 2 h después de ingerido el alimento. (Wolever, 2004), (Brand-Miller & Thomas, 2003).

Posteriormente el IG de la magdalena consumida por cada sujeto fue expresada como un porcentaje del incremento del ABC del alimento estándar consumido por el mismo sujeto.

Para obtener el valor final del IG de la magdalena se estimó el promedio de los IG obtenidos en cada grupo.

La CG representa una medida derivada del valor del IG del alimento en estudio y se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$CG = \frac{IG \times CHO \text{ por porción de alimento}}{100}$$

Dónde: IG: Índice glicémico del alimento a evaluar.

CHO: Carbohidratos presente en el alimento por porción.

Los valores resultantes han sido categorizados en CG alta >20, CG media 11-19 y CG baja <10.

6. ETIQUETADO NUTRICIONAL

Para realizar el análisis de etiquetado nutricional del producto elaborado, se realizaron comparativas entre los límites establecidos y las cantidades de los mismos que están presentes en el producto (luego de la caracterización), se realizaron tablas comparativas de cada etapa desde la entrada en vigencia de la ley 26.606 hasta su etapa final (etapa 3).

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos, las evaluaciones se traspasaron a puntajes numéricos para cada muestra, se tabularon y analizaron utilizando análisis de varianza (ANOVA) con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), para determinar si existieron diferencias significativas en el promedio

de los puntajes asignados a las muestras (Anzaldúa, 1994). Los resultados están expresados como promedio \pm desviación estandar.

Se utilizó t-Student para comparar las respuestas glicémicas entre los productos. El análisis estadístico de ABC fue realizado utilizando el programa estadístico IBM SPSS Statistics v.22 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) y Graphpad Prism 6. Para cada una de los análisis se consideró significativo un $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

I. CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE PLÁTANO SOBREMADURO (*MUSA CAVENDISH*)

La harina de plátano obtenida posee un color café-claro con manchas oscuras, como se muestra en la *Figura 6*, al tacto es áspera y con tendencia a la aglomeración. Aroma marcado a plátano, su sabor deja una sensación pegajosa y astringente.



Figura 6. Harina de plátano sobremaduro

Los resultados del análisis bromatológico de la harina de plátano sobremaduro se muestran a continuación (*Tabla 8*), la cual indica que la harina posee un porcentaje de materia seca de un 93,33% (suma de sus componentes menos humedad).

Tabla 8. Composición química de la harina de plátano amarillo sobremaduro en base seca por 100 g

Componente	Unidad	Harina de cáscara y pulpa
Energía	Kcal	334,24
Humedad	%	6,67± 0,30
Proteínas	g	4,13±0,10
Lípidos Totales	g	1,88±0,05
Carbohidratos	g	62,16
Azúcares Totales	g	12,3
Fibra Dietética	g	18,19±1,60
Fibra Soluble	g	4,99
Fibra insoluble	g	13,20
Almidón Total	g	5,7
Almidón Resistente	g	3,47±0,38
Cenizas	g	5,29 ±0,06

Los resultados se muestran como promedio ± DE

Además, como podemos observar, ésta harina posee un alto contenido de fibra dietética y almidón resistente (AR), siendo respectivamente 18,19 g y 3,47 g. En cuanto a sus otros componentes el contenido de lípidos fue de 1,88 g y el contenido de proteínas y carbohidratos fue 4,13 g y 62,16 g respectivamente por 100 g en base seca.

Tras el ensayo Folin-Ciocalteu que se utilizó como medida del contenido de compuestos fenólicos, se obtuvo un total de 246,16 ± 11,57 mg ácido gálico por 100 g de harina.

La actividad antioxidante de la harina de plátano sobremaduro obtenida con el método ORAC fue de 8386,37 ± 318,5 Unidades ORAC, equivalente a μmol Trolox por 100 g de harina.

1. TRATAMIENTO ENZIMÁTICO DE LA HARINA DE PLÁTANO SOBREMADURO

Para la elaboración de la harina de plátano sobremaduro se utilizaron los frutos completos, es decir, tanto la pulpa como su cáscara; estos fueron lavados, cortados y deshidratados mediante el proceso de liofilización a -53°C . Posteriormente se molieron y tamizaron obteniendo la harina.

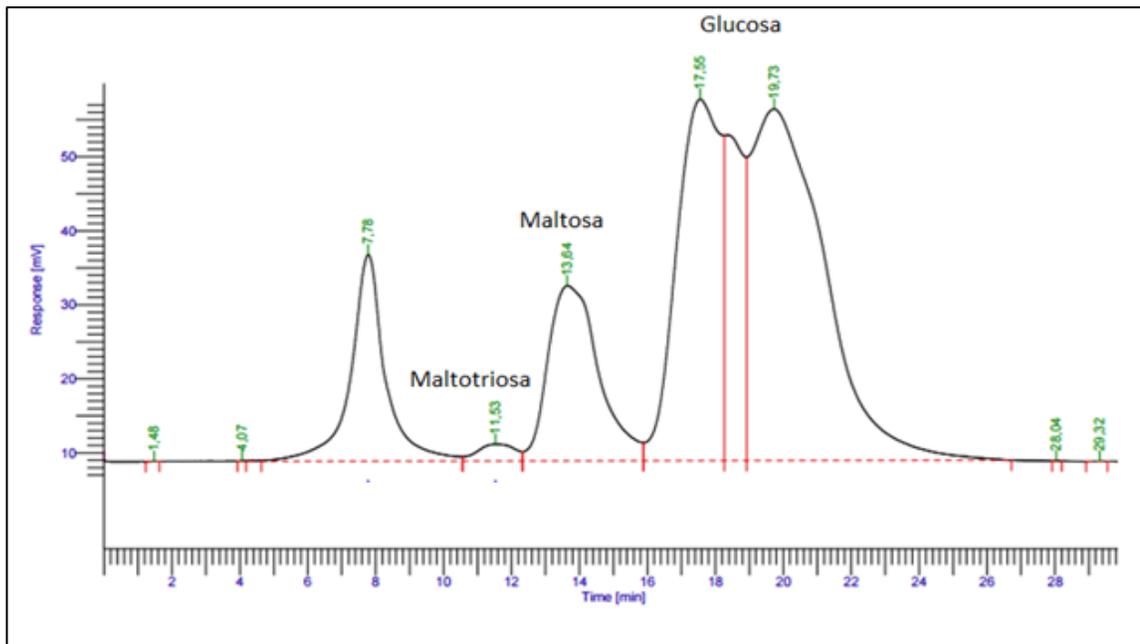


Figura 7. Cromatografía HPLC-IR de harina de plátano sobremaduro etapa 8-9 de maduración (Pulpa y cáscara)

Al evaluar el perfil de azúcares de la harina de plátano sobremaduro sin tratamiento enzimático, es posible observar (ver Figura 7), la presencia de azúcares de mayor tamaño grado de polimerización (DP) mayor a 6 que no logran diferenciarse con claridad, con un peak a 7,8 minutos, la presencia de azúcares de DP 3 como maltotriosa con un peak entre los 11,5 y 12,4 minutos, la presencia de maltosa (DP2) con un peak entre 13,6 y 14,1 min, y azúcares simples como glucosa a los 17-18 min y fructosa cerca de los 20 min.

Específicamente, y en función a las áreas cromatográficas, el perfil de carbohidratos corresponde a 12,24% \geq DP6, 1,07% de maltotriosa, 15,28% de maltosa, 26,92% de glucosa, y 44,5% de fructosa.

1. MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO SOBREMADURO

Los procesos de modificación de los almidones se realizaron con el fin de introducir una funcionalidad específica a la harina de plátano sobremaduro, se buscaba mejorar sus características (ya sea presencia de IMO o disminución del porcentaje de azúcares simples). Se realizaron ensayos para la evaluación el efecto del tratamiento enzimático con transglucosidasa, amilasa y amiloglucisidasa en concentraciones de 1% y 5% respecto de la materia prima hasta por 5 horas de tratamiento.

Al realizar el tratamiento enzimático, con los 3 catalizadores estudiados, en general se observa un bajo contenido de oligosacáridos (IMO) como la maltotriosa y un incremento de los monómeros presentes en la mezcla alcanzando proporciones cercanas a un 87% de los azúcares de la harina de plátano. Esto se ve ejemplificado en las *Figuras 8, 9 y 10*, y evidenciado en la *Tabla 9*, que presenta los principales azúcares del perfil antes señalado. Particularmente en el caso del uso de Amylase AG 300 L (*Tabla 9*), si bien se observa la presencia de maltotriosa (un oligosacárido), también se observa un elevado contenido de azúcares simples, en especial glucosa, que incrementarían potencialmente la respuesta glicémica de alimentos que contengan este producto.

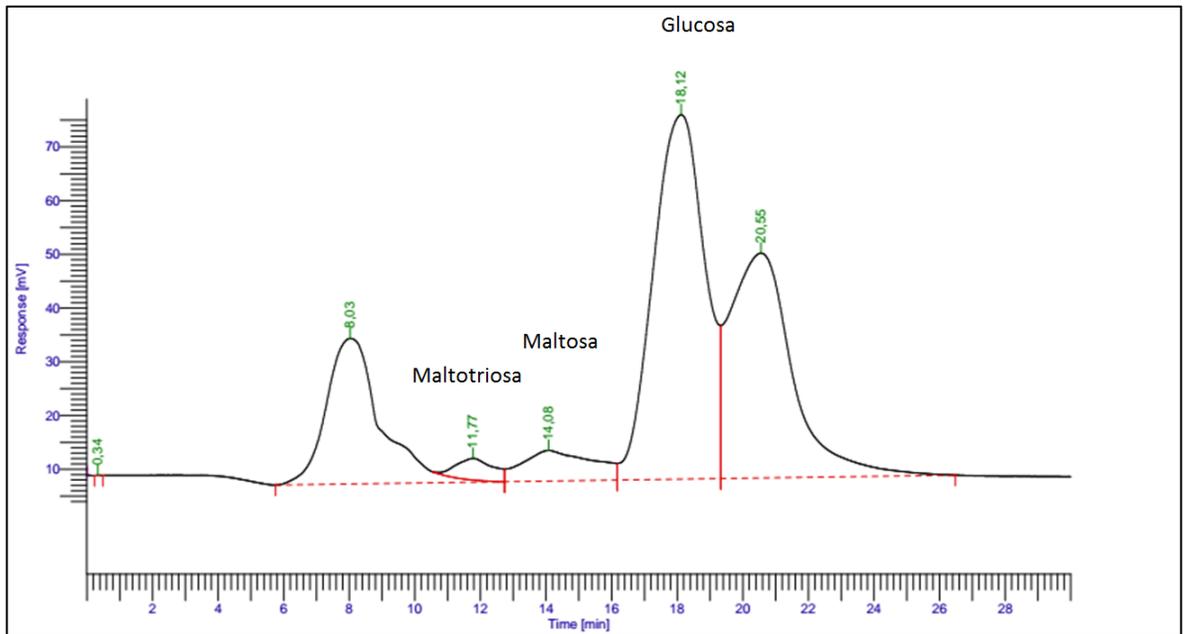


Figura 8. Harina de plátano sobremaduro en etapa 8-9 de maduración con tratamiento enzimático amilasa al 1% durante 145 minutos

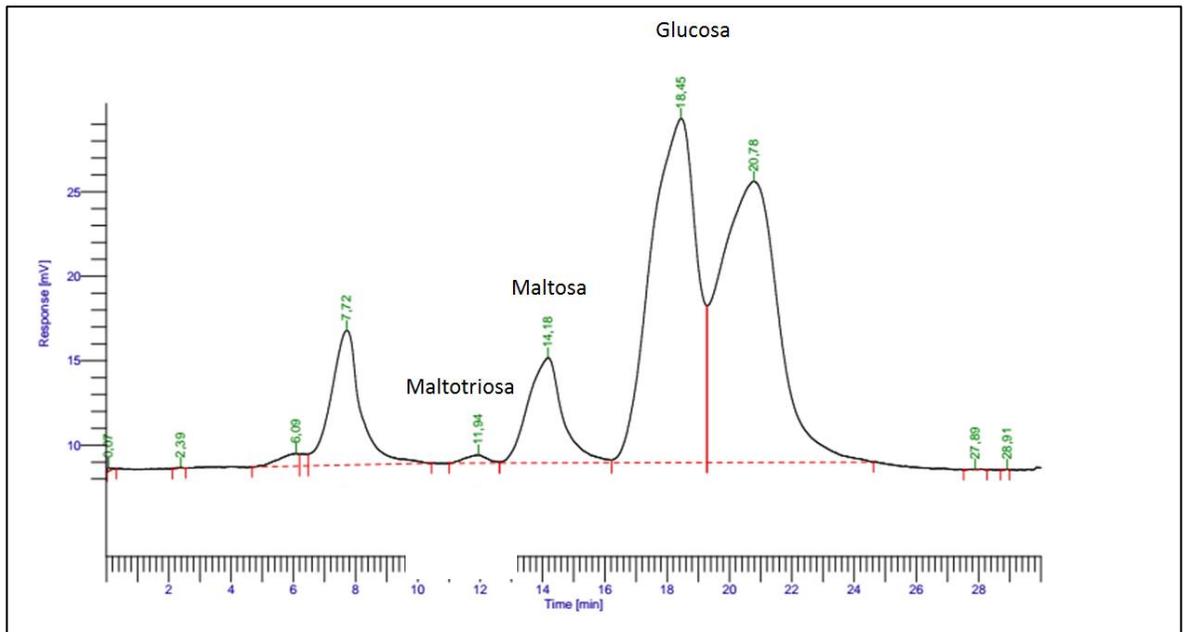


Figura 9: Harina de plátano sobremaduro en etapa 8-9 de maduración con tratamiento enzimático transglucosidasa al 1% durante 145 minutos

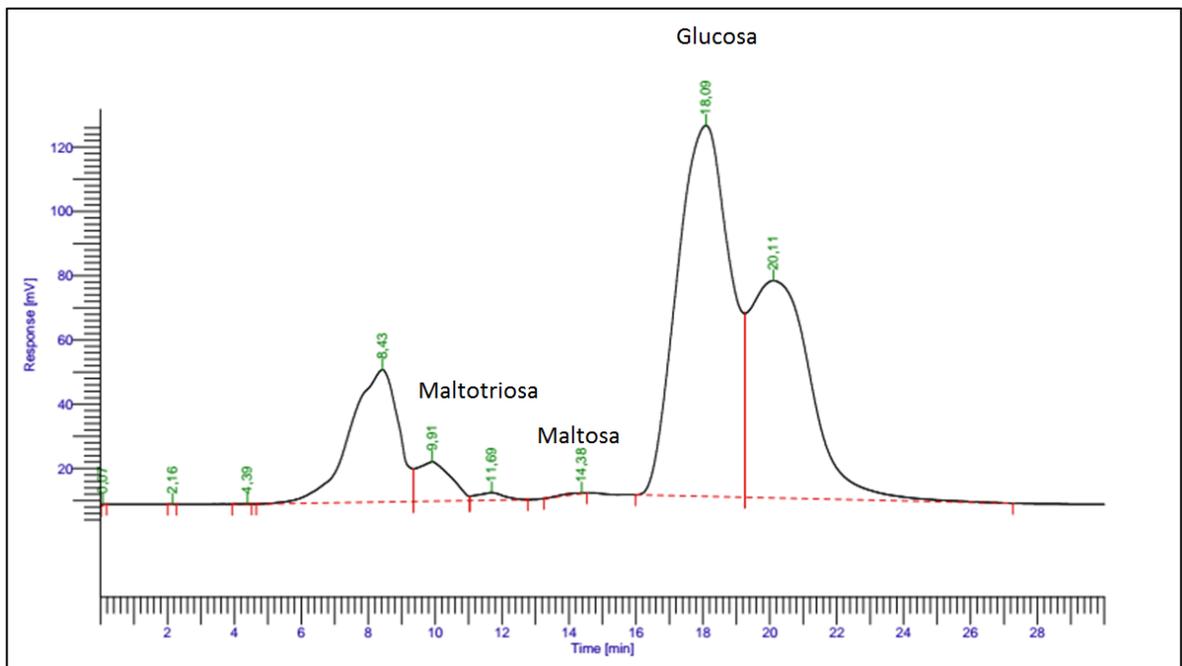


Figura 10. Harina de plátano sobremaduro en etapa 8-9 de maduración con tratamiento enzimático amiloglicosidasa al 1% durante 145 minutos

Por último, en el tratamiento en donde se utilizó Transglucosidasa (Figura 9) y/o Amiloglicosidasa (Figura 10) al 1% se observa una disminución importante de maltosa, lo que sería beneficioso debido a su elevado índice glicémico, no obstante, la presencia de isomaltoligosacaridos no es visible, y el contenido de azúcares simples mucho mayor a lo presente en la harina de plátano sobremaduro sin tratamiento enzimático.

Dado los resultados anteriores, y estableciéndose que las modificaciones enzimáticas estudiadas incrementarían la presencia de azúcares simples de fácil metabolización en el producto a elaborar, se opta por trabajar con la harina de plátano sin tratamiento y aprovechar las propiedades que posee por sí sola, como son su considerable aporte de fibra soluble e insoluble y la presencia de almidón resistente.

Tabla 9: Perfil de carbohidratos (composición relativa) de muestras de harina de plátano sobremaduro tratado enzimáticamente

Amylase AG 300 L								
	1%				5%			
Tiempo (min)	≥ DP6 (%)	DP3 Maltotriosa (%)	DP2 Maltosa (%)	DP1 Glucosa/Fructosa (%)	≥ DP6 (%)	DP3 Maltotriosa (%)	DP2 Maltosa (%)	DP1 Glucosa/Fructosa (%)
45	19,07	1,63	3,33	59,99 / 14,26	12,44	1,34	19,58	30,12 / 36,52
145	18,17	1,86	4,91	42,86 / 32,19	7,27	2,22	2,57	41,97 / 37,87
345	9,66	0,75	4,08	26,64 / 44,54	10,18	0,66	1,38	28,91 / 48,24
Amyloglucosidase 1100 BG								
	1%				5%			
Tiempo (min)	≥ DP6 (%)	DP3 Maltotriosa (%)	DP2 Maltosa (%)	DP1 Glucosa/Fructosa (%)	≥ DP6 (%)	DP3 Maltotriosa (%)	DP2 Maltosa (%)	DP1 Glucosa/Fructosa (%)
45	13,82	0,47	21,47	21,15 / 33,80	16,87	0,73	2,62	41,38 / 38,39
145	9,69	0,88	3,84	38,70 / 46,88	14,38	0,56	4,79	37,24 / 43,04
345	15,6	0,5	0,08	47,91 / 32,67	13,93	0,25	2,13	37,62 / 46,06
Transglucosidase L								
	1%				5%			
Tiempo (min)	≥ DP6 (%)	DP3 Maltotriosa (%)	DP2 Maltosa (%)	DP1 Glucosa/Fructosa (%)	≥ DP6 (%)	DP3 Maltotriosa (%)	DP2 Maltosa (%)	DP1 Glucosa/Fructosa (%)
45	8,03	0,59	10,75	36,02 / 43,22	11,66	0,60	2,13	38,90 / 46,67
145	9,86	0,44	9,04	38,97 / 40,99	10,84	1,46	11,08	34,00 / 42,62
345	10,12	0,60	2,48	39,87 / 47,02	9,66	0	2,44	38,93 / 46,62

Los resultados se muestran como % de la muestra.

DP: grado de despolimerización

II. PREPARACIÓN DEL PRODUCTO SALUDABLE

Para la preparación de cada magdalena se siguió la receta descrita en la sección de metodología con las proporciones de harina de trigo y plátano indicadas según el tipo de magdalena. En la *Figura 11* se observa la harina de plátano aglomerada, por lo que fue necesario pasarla por cedazo previamente antes de añadirla a la mezcla.

La mezcla presentó una textura pegajosa y difícil de manejar, proporcional a la cantidad de harina de plátano agregada, es decir, a mayor cantidad de harina de plátano mayor fue la dificultad para su manipulación. Así fue en el caso de la Magdalena E, aquella con un 100%

de harina de plátano sobremaduro, donde el vaciado al molde se realizó con mucha dificultad debido a que la mezcla se quedaba adherida al bol de preparación y a los utensilios.



Figura 11. Elaboración de las magdalenas en base a harina de plátano sobremaduro.

Al finalizar el proceso de cocción después de un promedio de 25 minutos a 180°C se sacaron las magdalenas de los moldes revelando un color café oscuro mientras mayor era la proporción de harina de plátano, textura esponjosa, suave al tacto y olor característico del fruto (*Figura 12*).



Figura 12. Magdalenas en base a harina de plátano sobremaduro.

1. EVALUACIÓN SENSORIAL

En relación a las características nutricionales, tal como se indicó previamente, se utilizaron 2 recetas base con el propósito de establecer efecto de gramaje (cantidad de harina de plátano en receta total), y además incluir otros ingredientes considerados saludables en su formulación elaborándose un total de 12 magdalenas (*Anexo 3 y 4*).

Para evaluar la aceptabilidad de cada una de ellas se realizó una evaluación sensorial en base a una escala hedónica de 7 puntos, cuyos resultados se visualizan como promedio y DE en la *Tabla 10 y 11*, designándose una calificación mayor o igual a 5 puntos para considerar el producto como aceptado.

Tabla 10. Promedio de aceptabilidad de las magdalenas elaboradas con la receta estándar 1a partir de los puntajes entregados por la escala hedónica

Tipo de Magdalena	Promedio por característica				
	Olor	Color	Sabor	Textura	Promedio
Magdalena A	5,70±0,8	5,80±0,4	4,30±1,4	5,20±1,0	5,3 ± 0,69 ^a
Magdalena B	6,00±0,6	5,50±0,5	2,40±0,8	4,80±0,6	4,6 ± 1,59 ^a
Magdalena C	5,90±0,7	6,10±0,5	5,50±0,8	5,90±0,7	5,8 ± 0,25 ^a
Magdalena D	6,00±0,6	6,20±0,4	5,80±0,6	5,80±0,6	6,0 ± 0,19 ^a
Magdalena E	5,80±0,6	4,80±1,0	2,20±0,9	2,40±0,8	3,8 ± 1,78 ^a
Magdalena F	5,80±0,5	5,60±0,8	5,60±0,5	5,60±0,7	5,6 ± 0,10 ^a
Magdalena G	5,70±0,5	5,70±0,7	5,70±0,8	4,00±0,5	5,3 ± 0,85 ^a

Los resultados se muestran como promedio ± DE, n: 10;
P= 0,1; ^a: sin diferencia significativa

Tabla 11. Promedio de aceptabilidad de las magdalenas con la receta estándar 2 a partir de los puntajes entregados por la escala hedónica

Tipo de Magdalena	Promedio por característica				
	Olor	Color	Sabor	Textura	Promedio
Magdalena H	5,70±0,9	5,90±0,7	5,60±0,5	5,10±0,7	5,6 ± 0,34 ^a
Magdalena I	5,70±0,6	5,80±0,4	4,80±0,9	5,50±0,7	5,4 ± 0,45 ^a
Magdalena J	6,00±0,4	5,90±0,3	5,80±0,6	5,90±0,7	5,9 ± 0,08 ^a
Magdalena K	3,90±1,3	5,50±0,7	2,50±0,8	3,20±0,7	3,8 ± 1,28 ^a
Magdalena L	5,40±1,0	5,60±0,9	4,80±1,7	5,50±0,97	5,4 ± 0,26 ^a

Los resultados se muestran como promedio ± DE, n: 10;
P= 0,1; ^a: sin diferencia significativa

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación muestran que la mayor parte de las magdalenas fueron evaluadas favorablemente, con un promedio general de $5,2 \pm 0,75$, por encima del nivel de aceptabilidad.

Particularmente la Magdalena A, obtuvo un promedio general de $5,3 \pm 0,69$, pero con una calificación de sabor de 4,3. Entre los comentarios y/o sugerencias destacó un sabor extremadamente dulce que fue rechazado por los sujetos. En el caso de la Magdalena B (sin azúcar), obtuvo un promedio general de $4,7 \pm 1,59$, siendo rechazada en general con una calificación de sabor de 2,4 asociado a la falta de dulzor según los evaluadores.

Cuando se utiliza la mitad de la azúcar presentada en la receta base, es posible observar (Magdalena C) un promedio general de $5,8 \pm 0,25$, siendo aceptada en general, y con aceptación por parte del panel en su categoría sabor, mientras que, al aumentar la cantidad de harina de trigo, la Magdalena D obtuvo un promedio general de $5,9 \pm 0,19$, siendo aceptada en general. Este tipo fue el que tuvo la puntuación más alta hasta ese momento.

Como una forma de conocer la aceptación de la harina en sí, la Magdalena E se preparó reemplazando totalmente la harina de trigo por harina de plátano, pero obtuvo un promedio general de $3,8 \pm 1,78$, siendo rechazada totalmente, lo que se reflejó en comentarios como “un sabor muy acentuado a plátano”, incluso algunos sin reconocer el ingrediente base para la elaboración aseguraban degustar un sabor desagradable, destacándose la observación “Áspero” que dejaba en el paladar luego de ser ingerido, sensación que perduraba horas después de consumir el producto. Estos resultados sirven como guía para seguir buscando mezclas de harina que logren “equilibrar el sabor de la magdalena, como fue el caso del

almidón de maíz adicionado a la Magdalena F, siendo aceptada en general. Otra opción fue utilizar Stevia líquida en la Magdalena G, se obtuvo un promedio general de $5,3 \pm 0,85$, sin embargo, sólo obtuvo una calificación de sabor de 4,0 por presentar un sabor amargo.

Los resultados anteriores muestran que no hay diferencias significativas ($P= 0,1$) en la aceptabilidad general de las magdalenas elaboradas con la receta estándar 1, por lo que se selecciona la Magdalena D como la mejor calificada en base a la receta estándar 1 según la escala hedónica de 7 puntos.

Cuando se evalúan las muestras elaboradas con la segunda receta, podemos observar que la Magdalena H obtuvo un promedio general de $5,6 \pm 0,34$, siendo aceptada en general. Este nuevo tipo con una baja cantidad de harina de plátano fue elaborado con el fin de observar la aceptabilidad de la nueva receta por parte de los sujetos, donde se observó la tendencia a una mayor aceptación de magdalenas de similar sabor a las magdalenas tradicionales (asociado a los resultados de la magdalena en base a la receta estándar 1), lo que se evidenció en la evaluación de la Magdalena I, donde se cambió el azúcar blanco por azúcar light, obteniéndose un promedio general de $5,4 \pm 0,45$, siendo rechazada en sabor con una calificación de $4,8 \pm 0,9$ asociado al uso de azúcar light, que no se comportaba de la manera esperada en el proceso de horneado, dejando una sensación de amargura en el paladar.

Al igual que en la otra receta estándar, se elaboró un prototipo utilizando almidón de maíz en reemplazo de la harina de trigo (Magdalena J) que obtuvo un promedio general de $5,9 \pm 0,08$, siendo aceptada en general al lograr disminuir la sensación áspera, que se evidenció en la Magdalena K, elaborada al reemplazar totalmente la harina de trigo por la harina de plátano

(100% harina de plátano), fue rechazada totalmente con una evaluación de $3,8 \pm 1,28$, asociado al sabor amargo y textura áspera indicada por los evaluadores, de la misma manera que ocurrió con la magdalena “E”.

Observando la aceptabilidad de la mayoría de los tipos de magdalenas se decide cambiar un último ingrediente: la harina integral de trigo, con el fin de potenciar las propiedades de la harina de plátano sobremaduro, como, por ejemplo, su aporte de fibra dietética que fue el prototipo de Magdalena L, obtuvo un promedio general de $5,4 \pm 0,26$, siendo aceptada en general.

Dentro del análisis general, las puntuaciones más bajas fueron las magdalenas “E y K”, con una puntuación de $3,8 \pm 1,78$ y $3,8 \pm 1,28$ respectivamente, siendo sabor y textura sus cualidades peor evaluadas, con un valor aproximado de 2 puntos, equivalente a “Me Disgusta Mucho” en la escala hedónica.

Se seleccionaron 2 tipos de magdalenas, una de cada receta; en las muestras realizadas con la receta estándar 1 se escogió la magdalena mejor evaluada, muestra “D”, aquella preparada con un 40% de harina de plátano (7,6 g) y un 60% de harina de trigo (11,4 g) presentando un promedio general de $6,0 \pm 0,19$ puntos, es decir, “Me Gusta Mucho”. En la receta estándar 2, dado que las muestras, no presentaron diferencias significativas en su aceptabilidad ($P = 0.1$), se seleccionó la muestra con las mejores características nutricionales Magdalena “L”, preparada con un 50% de harina de plátano (11 g) y un 50% de harina de trigo (11 g) presentando un promedio general de $5,4 \pm 0,26$ puntos (“Me gusta”), que presentó entre sus

características nutricionales un bajo aporte de calorías y carbohidratos, y un mayor aporte de fibra dietética.

Los prototipos pre-seleccionados fueron nuevamente evaluados (*Tabla 12*), con un panel de al menos 25 sujetos no entrenados de manera de establecer de mejor manera la aceptabilidad de los productos.

Tabla 12. Promedio de aceptabilidad de las magdalenas preseleccionadas a partir de los puntajes entregados por la escala hedónica

Tipo de Magdalena	Promedio por característica				
	Olor	Color	Sabor	Textura	Promedio \pm DE
Magdalena D	5,52 \pm 1,04	5,72 \pm 0,94	5,44 \pm 0,82	5,48 \pm 0,71	5,54 \pm 0,12
Magdalena L	5,56 \pm 0,87	5,64 \pm 0,90	5,0 \pm 1,32	5,68 \pm 0,98	5,47 \pm 0,32
P	0,870	0,770	0,184	0,446	0,780

n: 25

Los resultados se muestran como promedio \pm DE, n: 10;

Los resultados (*Tabla 12*) muestran que no hay diferencias significativas $P = 0,78$ en la aceptabilidad de ambas muestras. A diferencia de los resultados anteriores, donde la magdalena L recibió menores calificaciones, el incremento del panel no entrenado y sus preferencias personales pueden ser las razones del cambio de calificaciones.

En relación a su composición nutricional: una menor proporción de harina de plátano con respecto a la de trigo, se rechaza, debido a que las propiedades de la harina de plátano no serían aprovechadas. La magdalena “L” posee una mejor calidad nutricional, en relación a su mayor aporte de sodio, fibra y mejor perfil lipídico al poseer menor cantidad de grasas saturadas, y menor aporte de motivo por el cual fue escogida para las evaluaciones de RG, IG y CG.

2. RESPUESTA GLICÉMICA PAN BLANCO Y MAGDALENA DE PLÁTANO SOBREMADURO

Se evaluaron a 15 sujetos voluntarios mayores de 18 años, con un intervalo de edad de 19 a 72 años, con una media de 35 años, de ambos sexos, sin ECNT. El IMC mínimo fue $18,8\text{kg/m}^2$ y el máximo $34,9\text{kg/m}^2$, los datos relevantes de la muestra se presentan en la *Tabla 13*.

Tabla 13. Características generales del grupo estudio para prueba de respuesta glicémica

Variable	Grupo estudio
Tamaño muestra	15
Edad (años)	$35,2 \pm 15,56$
Sexo (M/F)	8/7
Peso (kg)	$77,97 \pm 17,5$
IMC (Kg/m^2)	$28,2 \pm 5,8$

Valores expresados como promedio \pm DE IMC. Índice de Masa Corporal

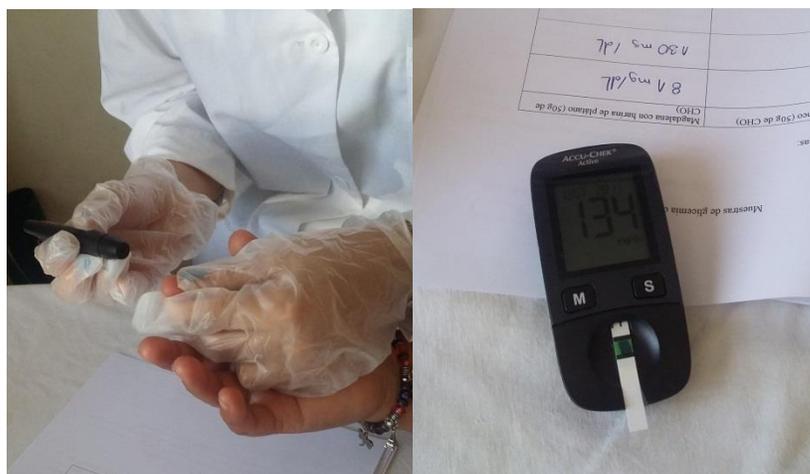


Figura 13. Toma de muestra de glicemia capilar.

Las respuestas glicémicas tomadas a los sujetos (*Figura 13*) en ayuno y tras la ingesta de pan blanco o magdalena son presentados en las *Figuras 14, 15 y 16*

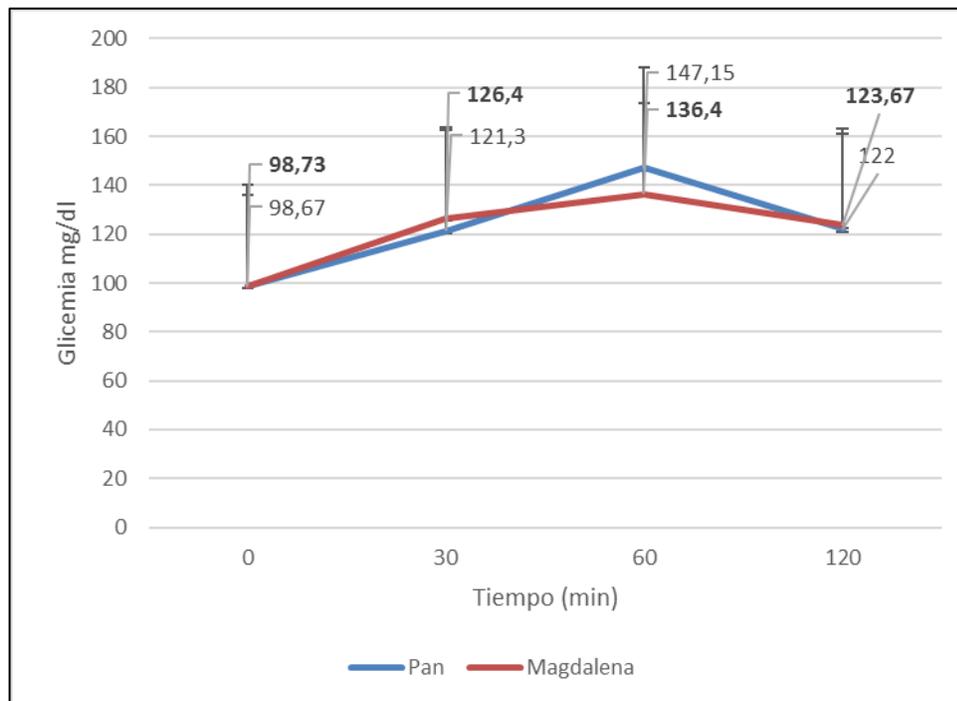


Figura 14. Respuesta glicémica del pan blanco y la magdalena en el grupo estudio.

En la *figura 14* se muestran los resultados de glicemia capilar de los 15 sujetos luego de la ingesta de pan blanco y la magdalena Tipo L.

En los dos días las glicemias en ayuno no tuvieron diferencia significativa ($P= 0,97$). Tras la ingesta de ambos alimentos a los 60 minutos se observó un promedio de $147,1 \pm 47,6$ mg/dL para el pan blanco y $136,4 \pm 50,9$ mg/dL para la magdalena, resultados que no fueron estadísticamente significativos ($P = 0,08$). Para los otros tiempos las glicemias respondieron sin diferencias estadísticas.

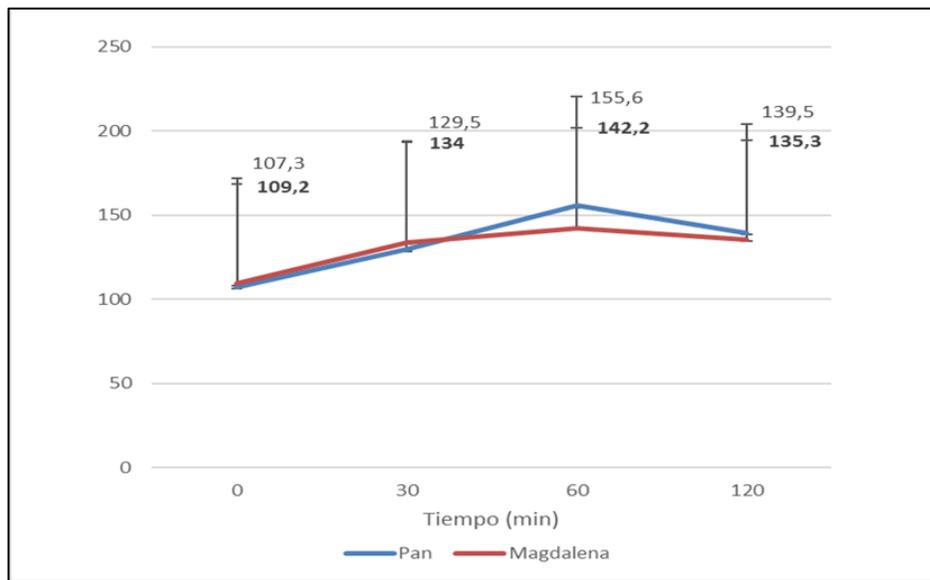


Figura 15. Respuesta glicémica del pan blanco y magdalena en hombres

La respuesta glicémica en hombres (Figura 15) para cada alimento mostró un comportamiento similar en ambos casos, las glicemias en ayuno en promedio aparecen con valores superiores a 100 mg/dL sin diferencias significativas ($P = 0,536$). A los 30 minutos se obtuvo valores de $129,5 \pm 53,5$ mg/dL para el pan blanco y $134 \pm 45,2$ mg/dL para la magdalena sin diferencias significativas ($P = 0,395$), mientras que a los 60 minutos se observaron los valores más elevados con $155,6 \pm 61,3$ mg/dL y $142,2 \pm 69,2$ mg/dL para el alimento estándar y el de prueba respectivamente, los cuales no presentaron diferencias significativas ($P = 0,171$), Finalmente a los 120 minutos se observaron valores de $139,5 \pm 86,7$ y $135,3 \pm 70,6$ que tampoco presentaron diferencias significativas, con un $P = 0,600$.

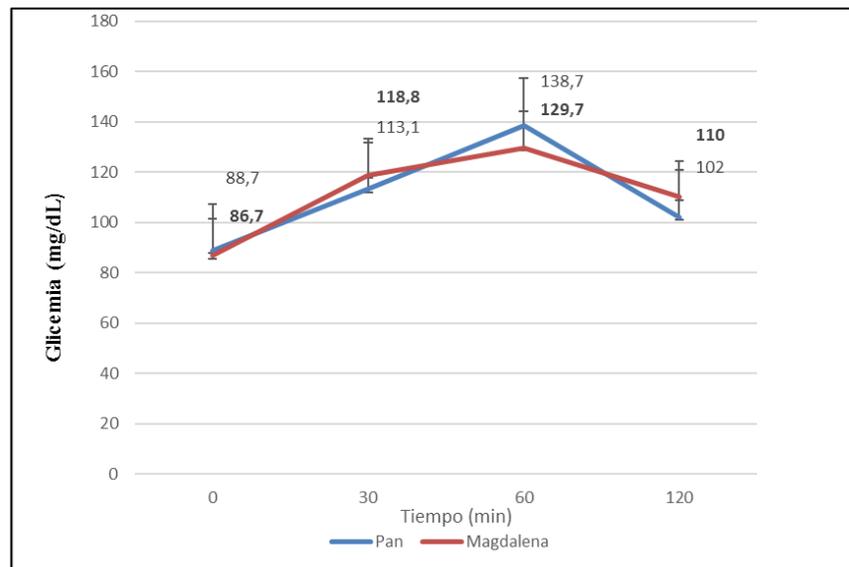


Figura 16. Respuesta glicémica del pan blanco y magdalena en mujeres

En el caso de las mujeres (Figura 16), las glicemias en ayuno no presentaron diferencias significativas ($P = 0,487$), a los 60 minutos los valores fueron de $138,7 \pm 27,1$ mg/dL y $129,7 \pm 19,2$ mg/dL para el pan blanco y la magdalena respectivamente, no resultando como significativos ($P = 0,354$), mientras que a los 30 y 120 minutos los valores también se observaron sin diferencias significativas siendo $P = 0,652$ y $P = 0,158$ respectivamente.

Al determinar el índice glicémico, realizando el cálculo de IG para cada individuo y luego el promedio y otorgándole un valor arbitrario a la muestra de pan como 100%, se obtiene un valor de $84 \pm 37,5$ que clasifica la magdalena como un alimento de alto IG (≥ 70) (Arteaga, 2006).

Mientras que la carga glicémica (CG), de la porción de consumo habitual de magdalena (50g) entrega un valor de 15, lo que clasifica la magdalena en un valor intermedio, la CG del pan que es 24, lo que lo clasifica como un alimento de alta CG (Morales Guerrero JC, 2016).

5. ANÁLISIS DEL ETIQUETADO NUTRICIONAL POR ETAPAS (LEY 20.606)

Al analizar nutricionalmente el producto elaborado (*Tabla 14*), y en relación a las directrices establecidas por la ley 20.606 de etiquetado nutricional, es posible conocer si la magdalena logra quedar sin sellos de advertencia “ALTO EN” (*Tabla 15*).

Tabla 14. Modelo de etiqueta para el producto

Información nutricional		
	100 g	1 porción (50g)
Energía (kcal)	294	147
Proteínas (g)	5,6 ±1,347	2,8
Grasas totales (g)	14 ±0,160	7
Grasa saturada (g)	1.6	0,8
Grasa monoinsaturada (g)	7.6	3,8
Grasa poliinsaturada (g)	3.8	1,9
Ácidos grasos trans (g)	1.0	0,5
Colesterol (mg)	43.4	21,7
Carbohidratos (g)	35.78	17,89
Azúcares totales	3.2 ± 0,60	1,6
Fibra	7.2	3,6
Fibra Soluble	2.36	1,18
Fibra insoluble	4.84	2,42
Sodio (mg)	129,6	64,8

Fuente: (Jury G, 1999)

Tabla 15. Tabla comparativa de cumplimiento de ley 20.606 de etiquetado nutricional

Parámetro	Magdalena	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3
Energía (Kcal/100g)	294 (265-323)	350	300	275
Sodio (mg/100g)	129,6	800	500	400
Azúcares totales (g/100g)	3,2	22,5	15	10
Grasa saturada (g/100g)	0,8	6	5	4

Fuente: (MINSAL, 2015)

La comparación entre el aporte entregado por la magdalena y los límites máximos para la primera etapa (*Tabla 15*), señala que la magdalena saludable no sobrepasa el límite en ninguna categoría, por lo que se encontraría libre de sellos.

En la etapa 2, la magdalena seguiría encontrándose libre de sellos, y no sobrepasaría ningún límite.

Luego de la entrada en vigencia de la tercera etapa de la nueva ley de etiquetado, el producto solo tendría el logo de “ALTO EN CALORIAS” en el envase por un margen de diferencia muy pequeña (19 kcal/100g), asociado a un nivel nutritivo mucho mejor que el promedio de los productos presentes en el mercado. Es importante señalar que la diferencia entre el límite superior de energía para la etapa 3 y el contenido calórico de la magdalena se encuentre dentro del margen 90-110% (265 Kcal/100g a 294 Kcal/100g).

DISCUSIÓN

I. CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE PLÁTANO

Tabla 16. Tabla comparativa de diferentes harinas elaboradas a base de granos, frutas y leguminosas por 100g de harina

Harina de	Kcal	Carbohidratos	Proteínas	Lípidos	Fibra
Trigo*	341,8	70,6	9,86	1,2	4,58
Trigo integral	332,4	60,5	12,7	2,4	9
Maíz	342,4	66,3	8,3	2,8	9,4
Centeno	365,2	74,2	7,9	2,2	8,5
Arroz	361,8	80,1	6	1,4	2,4
Soja	421,2	13	37,3	20,6	17,3
Papa	374,5	83,1	6,9	0,3	5,9
Plátano sobremaduro	334,24	62,16	4,13	1,88	18,19
Plátano verde** (musa simmonds)	343	80,53	4,01	0,64	1,37

** (Espitia-Pérez, 2013)* (Jury G, 1999)

Si realizamos la comparación de la harina de plátano sobremaduro con otros tipos de harina (Tabla 16), la cantidad de fibra dietética de la harina de plátano sobremaduro es comparable a la harina de soja (leguminosa), en cuanto a la cantidad de CHO y calorías se asemeja a la harina de trigo integral. El aumento en la cantidad de fibra en comparación a la harina elaborada a partir de plátano verde, está dada por el uso de la cáscara de plátano, la cual tiene un contenido 50 g /100 g de cáscara (Emaga T, 2007).

Según los resultados expuestos, al igual como ocurre en el plátano inmaduro, en la especie *Cavendish* también debería observarse una disminución evidente de la cantidad de almidón durante el período climatérico, pero la cantidad de almidón total es de 5,7 g/100 g a pesar de

haber utilizado plátanos en etapa 8-9 de maduración. Una explicación a esta diferencia puede ser relacionada a la presencia de la cáscara en la harina elaborada, a diferencia de lo presentado por (Lii, Chang, & Young, 1982), que sólo utilizó la pulpa de plátano para elaborar la harina ya que la cáscara de plátano tiene menos almidón asociado a un aumento de la FD y AR que fueron 18,19 g/100 g y 3,47 g/100 g.

En cuanto a los demás componentes el contenido de lípidos fue 1,88 g/100 g, similar a los resultados obtenidos por (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009). El contenido de proteínas y carbohidratos fue 4,13 g y 62,16 g/100g respectivamente en base seca, componentes que resultaron diferentes, obteniendo un mayor nivel de proteínas y menor nivel de carbohidratos debido a que en el estudio comparativo sólo se utilizó la pulpa de plátano para elaborar la harina.

Tabla 17. Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en el plátano Musa Cavendish, según análisis INTA

Descripción	Parámetro	Unidades	Promedio	N	Min	Max
Plátano, Cavendish (estado de maduración 4-5)	ORAC	µmol ET/100 g pf	1528	20	789	3005
	ORAC	µmol ET/100 g ps	4938	20	2550	9711
	PFT	mg EAG/100 g pf	234	20	108	355
	PFT	mg EAG/100 g ps	756	20	349	1147

Fuente: Laboratorio de Análisis de Antioxidantes del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA)

El contenido de compuestos fenólicos, fue de $246,16 \pm 11,57$ mg ácido gálico por 100 g de harina en peso seco, mucho menores a los obtenidos por los análisis realizados por el INTA (Tabla 17), pero la actividad antioxidante de la harina de plátano sobremaduro obtenida con el método ORAC fue de $8386,37 \pm 318,5$ Unidades ORAC, equivalente a µmol Trolox por

100 g de harina, esta actividad antioxidante es mucho mayor a la calculada en el análisis de la *Tabla 17*, atribuido a la presencia de la cáscara de plátano en la elaboración de la harina.

Los compuestos fenólicos por sus características estructurales, tienen la facilidad de captar radicales libres, propiedad que les aporta actividad antioxidante, según el tipo de compuesto fenólico la actividad antioxidante puede variar en gran medida.

1. TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Las enzimas son ubicuas en todos los seres vivos porque son moléculas esenciales para su funcionamiento. Una de las características más sobresalientes de las enzimas es su elevada especificidad por lo que tienen una amplia aplicación en diversos sectores industriales (Del Morral, Ramirez, & García-Gomez, 2015).

Actualmente las enzimas se consideran como aditivos en la industria de los alimentos que pueden modificar la apariencia, textura, valor nutricional, generar aromas y sabores, además de disminuir el tiempo de proceso. Su utilización se ha extendido a otras aplicaciones relacionadas con la industria alimentaria como el desarrollo de envases activos y biosensores (Del Morral, Ramirez, & García-Gomez, 2015).

En el almidón, las combinaciones moleculares en posición β pertenecen a las variedades de fibra que no son hidrolizadas por los sistemas enzimáticos del hombre. La capacidad de hidrofilia en la molécula de los almidones le confiere multitud de aplicaciones para gelificar y aportar viscosidad a cremas, salsas, pures, etc. El almidón desestructura su organización molecular a través de diferentes temperaturas de cocción: a 50°C absorbe gran cantidad de

agua aumentando hasta 20 veces su tamaño original, fenómeno que alcanza su cumbre a kis 60-80°C. a los 100°C se inicia la hidrólisis de sus cadenas con rupturas, gelificación y liberacion parcial de dextrino- maltosas y glucosa (Hernández & Sastre, 1999).

La finalidad del tratamiento enzimático realizado era lograr la disminución de la velocidad con la que se digiere el almidón del alimento en cuestión (Goñi, 1997). Era de esperar que la cantidad de azúcares simples disminuyera en gran proporción, o que se produjese la hidrólisis de almidón para obtener IMO, lo que finalmente no ocurrió.

Podemos concluir una baja o nula efectividad de las enzimas utilizadas en este estudio, a diferencia de lo ocurrido en otros estudios (Chockchaisawasdee & Poosarán, 2013), (Guyléne, Parfait, & Farhasmane, 2009) los cuales utilizaron plátanos verdes que poseen una composición nutricional muy diferente, destacándose un muy bajo porcentaje de azúcares simples y una alta cantidad de almidón (*Tabla 2*), en relación al plátano sobremaduro utilizado en este estudio.

Aunque estos resultados están fuera de lo esperado, es destacable el menor costo que significaría la elaboración de harina de plátano con otro tipo de métodos como el secado en estufa y la molienda en equipos básicos destinados a esta labor. En base a lo anterior, y considerando las propiedades que de manera natural otorga este fruto, se decidió trabajar con la harina sin tratamiento enzimático para la elaboración de las magdalenas.

II. ELABORACIÓN

El principal inconveniente de la preparación de las magdalenas fue la textura de la harina de plátano, con tendencia a aglomerarse, siendo necesario pasarla por cedazo previamente.

La mezcla presentó una textura pegajosa y difícil de manejar, proporcional a la cantidad de harina de plátano agregada. Es recomendable para futuros estudios con este tipo de harina incluir agentes antiaglomerantes y antioxidantes para evitar el pardeamiento de la harina.

Para la elaboración de una magdalena saludable, se utilizaron reemplazos de los ingredientes comunmente utilizados, en relación al aporte nutricional que pudiesen entregar al producto, como el aceite de canola en reemplazo del aceite vegetal. El aceite de canola porque en comparación con otros aceites, presenta la menor concentración de ácidos grasos saturados (6%) , una alta concentración de monoinsaturados (61%) y de ácidos grasos poliinsaturados (29 %), con alto contenido de ácidos grasos esenciales, el ácido linoleico (C18.2 n-6) (20%) y α - linolenico (C18.3 n-3) (9 %). y una baja relación n-6/n-3, lo cual lo convierte en un aceite beneficioso para controlar enfermedades promovidas por la inflamación (Giancopini de Zambrano, 2012).

A pesar de que la harina de plátano posee un dulzor natural este no es suficiente para lograr aceptabilidad, por lo que se decidió utilizar azúcar en menos cantidad o el reemplazo de esta. La sustitución por endulzante con stevia en gotas y en polvo debido al aporte calórico y nulo aporte nutricional que entrega una porción de azúcar común (5g), correspondiente a 20 kilocalorías, a diferencia de un endulzante o mezcla de ambos, que puede disminuir el aporte calórico a la mitad o incluso menos. Particularmente la Stevia ha tomado un sitio muy

importante en la canasta familiar, se emplea como edulcorante de mesa, en la elaboración de bebidas, en pastelería, entre otros. Además de sus propiedades endulzantes tiene importantes efectos sobre la salud, fue aprobado para su utilización comercial por el Joint Food and Agriculture Organization/World Health Organization Expert Committee on Food Additives (Joint Food and Agriculture Organization/World Health Expert Committee on Food Additives, 2005) y la aprobación como Generalmente Reconocido como Seguro (GRAS por sus siglas en inglés) de la Food and Drug Administration .

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) en sus reuniones 68a y 69a del año 2008, estableció una Ingestión Diaria Admisible (IDA) para los glucósidos de Esteviol de mg por kg de peso corporal por día, expresada como Esteviol .

Algunos estudios indican que los sujetos que consumieron aspartame y Estevia no compensaron comiendo más en la siguiente comida (almuerzo o cena) y presentaron niveles similares de saciedad en comparación con los sujetos que consumieron sacarosa. Adicionalmente, Sstevia redujo los niveles de glucosa plasmática e insulina, lo que sugiere que podría ayudar con la regulación de la glucosa (Anton SD, 2010) (MS, 1999) (FAO/OMS, 2008).

La harina integral en vez de la harina refinada se utilizó por el aporte de fibra dietética, relacionada a una mayor saciedad y menores respuestas glicémicas. La fibra dietética de los alimentos está constituida por polisacáridos resistentes a la hidrólisis de las enzimas del aparato digestivo humano, y que pueden o no ser fermentadas por las bacterias intestinales.

(Moreno Esteban, Gargallo Fernández, & López De la Torre Casares, 1997) . Autores indican que la FD puede enlentecer el llenado gástrico, debido a su capacidad de aumentar el volumen y a la vez enlentecer su vaciado, generando por consiguiente un efecto saciador (FAO, 1999, pág. 100).

Finalmente la leche semidescremada se incorporó al producto para disminuir el aporte de grasas totales y con ello también se disminuyó el aporte de grasas saturadas del producto.

En general cada ingrediente seleccionado para la elaboración de todos los tipos de magdalenas fue realizado en razón de mejorar las características nutricionales y organolépticas del producto en comparación con las magdalenas ofrecidas en el mercado actual (*Anexo 7*), por ejemplo, en el caso de las Tipo “F” y “G”, otro ingrediente seleccionado fue el almidón de maíz. La idea de utilizar este ingrediente surge como alternativa para aquellas personas con alergia a la proteína del trigo y/o enfermedad celiaca. El almidón de maíz no contiene gluten naturalmente (se utilizó un almidón de maíz de marca certificada como libre de gluten) (González Hernández, 2006).

1. Evaluación sensorial

En general la evaluación por parte de los sujetos estuvo sobre el valor asignado para considerar el producto como aceptado según la escala hedónica de 7 puntos. Se observaron mayores puntajes en aquellas magdalenas con mayores aportes calóricos, obteniendo puntuaciones cercanas a 6 puntos (“me gusta mucho”), asociado al aporte de azúcar e ingredientes similares a los utilizados en las magdalenas comerciales (*Anexo 7*). Aquellas

sin aporte de azúcar o con uso de edulcorantes y mayor aporte de fibra, como aquellas preparadas con un mayor porcentaje de harina de plátano sobremaduro, fueron rechazadas en base a sus calificaciones. Al revisar la ficha clínica completada por cada participante (*Anexo 5*) en el apartado “Alimentación” se reportó un 47% de sujetos que consumían productos de pastelería tradicionales con una frecuencia de hasta tres veces por semana).

Estos resultados de aceptabilidad concuerdan con los de Llerena, 2016 donde se evaluaron galletas elaboradas con mezclas de harina de trigo y harina de amaranto en distintas proporciones obteniendo como resultado mejor evaluación a un mayor nivel de harina de trigo utilizada (Llerena Oñate, 2010).

Es importante recordar que los evaluadores no conocían los ingredientes de las magdalenas al momento de realizar la degustación, por lo cual no existía la posibilidad de que hubiesen rechazado el producto al saber su procedencia. La astringencia otorgada presumiblemente por la presencia de la cáscara de plátano sobremaduro en la harina es una característica que debe tenerse en cuenta al momento de elaborar un producto horneado con una elevada proporción de este ingrediente, ya que, a pesar de no tener conocimiento de la composición, los evaluadores pudieron detectar con claridad esta característica, la cual no fue percibida como agradable al paladar. No obstante, no se debe descartar la posibilidad del rechazo asociado al sabor del fruto sobremaduro, al realizar las fichas clínicas (*Anexo 5*), un 33% de los participantes consume frutas y verduras dos a 3 veces por semana.

Además de lo mencionado la inclusión de harina integral de trigo también interfirió en la formación de la red de gluten, afectando al desarrollo del volumen y a la estructura de la miga

por presencia de salvado. Una harina sin gluten y con una proporción insignificante de proteínas implicadas en la formación del gluten impiden la esponjosidad y elasticidad que caracterizan a las preparaciones en base a harina de trigo. Esto impidió la expansión de la masa durante la fermentación, debido a la interferencia del salvado en la eficiente formación y desarrollo de la estructura de los alveolos. (Sanz-Penella, Wronkowska, Soral-Smietana, Collar, & Haros, 2010).

Esta disminución del nivel de aceptabilidad al elaborar productos en base a harinas sin gluten fue estudiada por Mellado y cols, donde trabajaron con panes horneados en base a harina de arroz, obteniendo un grado inferior de aceptabilidad para los panes adicionados con harina de arroz (Mellado, 2016). Por este motivo, aquellas variedades que incluían una mayor proporción de harina de plátano sobremaduro fueron percibidas como más compactas y menos esponjosas, como fue el caso de la Magdalenas E y K, elaboradas al reemplazar totalmente la harina de trigo por la harina de plátano sobremaduro, que obtuvieron una evaluación deficiente de $3,8 \pm 1,28$ y $3,8 \pm 1,78$ puntos respectivamente, asociado a las características mencionadas.

Junto a las características de esponjamiento es importante al momento de seleccionar los ingredientes preferir edulcorantes aptos para el proceso de horneado, con el fin de evitar cambios en el sabor como consecuencia de las altas temperaturas, como ocurrió en el caso de la magdalena G en donde se utilizó endulzante con Stevia en gotas, donde la evaluación para su característica “Sabor” fue $4,0 \pm 0,82$ puntos.

En la última etapa de la evaluación sensorial, donde se degustaron los prototipos “D” y “L” se observó un promedio de $5,54 \pm 0,12$ y $5,47 \pm 0,32$ puntos respectivamente. Al analizar cada característica organoléptica en el caso de “Sabor” los promedios fueron de $5,44 \pm 0,82$ y $5,00 \pm 1,32$ respectivamente sin diferencia significativa ($p = 0,18$). En el caso de la “Textura” los promedios fueron de $5,48 \pm 0,71$ y $5,68 \pm 0,98$ respectivamente sin diferencia significativa ($p = 0,44$). Para el resto de las características los resultados tampoco fueron significativos. Por este motivo se pudo concluir que ambas magdalenas en relación a su aceptabilidad estadísticamente se pueden considerar como iguales a pesar del primer resultado obtenido con la evaluación de 10 sujetos.

Ante lo anterior se confirma la gran importancia de la selección de ingredientes a elegir para la elaboración de este producto saludable. De esta manera es importante que la industria alimentaria siga en la búsqueda de alternativas al uso de azúcar común ya que según diversos estudios, un excesivo consumo de azúcares se relaciona con diferentes alteraciones fisiológicas y con el aumento de condiciones adversas como caries dental, sobrepeso, obesidad, enfermedad cardiovascular, dislipidemia, hígado graso, insulino resistencia, diabetes y algunos tipos de cáncer como pulmón, mama, próstata y colorectal (Lusting, Smith, & Brindis, 2012; Te Morenga, Mallard, & Mann, 2012).

Otro aspecto importante a considerar es la ingesta de ácidos grasos saturados (AGS), que inducen un incremento de los valores plasmáticos del colesterol LDL y se asocian con un mayor riesgo cardiovascular en la población adulta. Estudios recientes sugieren cómo la sustitución de este tipo de grasa por ácidos grasos insaturados resulta más eficaz como medida de prevención cardiovascular que la reducción de la ingesta total de grasa. Según

esto, la ingesta de ácidos grasos saturados debe ser inferior al 10% de la ingesta calórica total. Otros estudios recientes, como el desarrollado por Dalainas y cols. 2008, pusieron de manifiesto un mayor riesgo de padecer enfermedad cardiovascular aterosclerótica a edades tempranas al ingerir niveles elevados de ácidos grasos saturados (Aguilar, Gonzales, Sanchez, Padilla, & Álvarez, 2010; Frankel, 2011; Dalianas & Ioannou, 2008).

2. RESPUESTA GLICÉMICA

La falta de diferencias significativas de los resultados pueden asociarse a diferentes factores tanto personales como de la composición de los alimentos evaluados.

El índice glicémico calculado para el grupo estudio fue de $84 \pm 37,5$, con un mínimo de 12 y un máximo de 145 lo que muestra una gran diferencia individual en la respuesta hacia el alimento.

Según Eleazu, C.O , la RG y el IG puede variar por diferentes factores como respuesta a la insulina, contenido de proteínas, técnicas de procesamiento, variedad, tamaño de partícula, grasa, acidez, almacenamiento y tiempo de cosecha del alimento utilizado.

La RG e IG incrementan con la maduración del alimento (asociado a la disminución del almidón y aumento de la sacarosa), con el calentamiento del almidón (gelatinización), con la variabilidad interindividual de los sujetos participantes en el estudio y al realizar una sola prueba experimental por tipo de alimento. La RG e IG, no varían según la cantidad de

almidón resistente cuando se trabaja con igual cantidad de CHO disponibles en las muestras a evaluar (Eleazu, 2016).

El estudio de Deepa et al demostró que los efectos beneficiosos de la fibra dietética en el impedimento de las acciones de las enzimas hidrolíticas se anulan cuando los granos enteros son triturados ya que se hidrolizan a la misma velocidad que la harina de grano pulida (Deppa, Vasudeva , & Akhilender, 2010).

Los alimentos de rápida absorción, como las dextrinas de bajo peso molecular (PM), la maltosa, la sacarosa, el puré de papas y el pan blanco, que presentan una rápida digestión de sus almidones, producen respuestas glicémicas e insulinémicas elevadas (Englyst y otros 1996, Roberts 2000, Araya y otros 2002; Lutz & Edel, 2009).

Luego de conocer estas evidencias, se infiere que los factores que implicaron un aumento del IG en el producto elaborado fueron la trituración del alimento base para la preparación de la harina, el someter la harina a procesos de horneado, el grado de maduración del fruto que produjo un aumento significativo del contenido de sacarosa y maltosa (que posee un IG de 110), además de las diferencias interindividuales de los sujetos en el grupo estudio.

A pesar de tener respuestas glicémicas similares, la magdalena nunca alcanzó un peak tan alto como en el caso del pan a pesar de que la porción de magdalena tiene 36 g mas que la de pan y un aporte de azúcares simples de alto índice glicémico como la glucosa y la maltosa.

Ya que la elaboración del producto se realizó de manera básica, es posible suponer que una elaboración a nivel industrial pudiese mejorar las características organolépticas del producto, en base a la utilización de aditivos que puedan modificar, potenciar o enmascarar algún atributo y con ello mejorar la aceptabilidad general (Rodríguez Alegría, 2014).

Finalmente, se requiere considerar el eventual efecto sobre la glicemia inducido por las diferencias en el volumen suministrado entre el pan blanco (104 g) y la magdalena (140 g) para poder cumplir con los 50 g de hidratos de carbono disponibles. Como una forma de resolver esta problemática, se realizó el cálculo de índice glicémico y carga glicémica que entregan en su combinación una forma más directa de relacionar el impacto en la glucosa sanguínea de la porción de consumo habitual del alimento (Zambrano, 2013).

3. ANÁLISIS DEL ETIQUETADO NUTRICIONAL

En la siguiente tabla comparativa (*Tabla 18*), se muestran las características nutricionales de la magdalena comercial (*Anexo 7 y 8*) y la magdalena seleccionada (muestra L), donde es posible visualizar un mayor aporte de proteína, fibra dietética y grasa moninsaturada de parte de la magdalena L con un menor aporte de calorías, carbohidratos, azúcares totales, grasa saturada, colesterol y sodio.

Estas diferencias destacan un mejor perfil nutricional de la magdalena elaborada en base a harina de plátano sobremaduro, quedando sin sellos según la ley 20.606 mientras que la magdalena comercial posee 2 sellos (ALTO EN CALORIAS y ALTO EN AZÚCARES) en la primera etapa de la entrada en vigencia de la ley (*Anexo 7*).

Tabla 18. Comparativa magdalena comercial y muestra magdalena “L”

	Magdalena “comercial” *	Magdalena “L”
Energía (Kcal)	360	294
Proteína (g)	5,0	5,6 ±1,347
Carbohidratos (g)	49	35,78
Fibra dietética (g)	0	7,2
Azúcares totales	23	3,2 ± 0,60
Grasa total (g)	16,0	14 ±0,160
Grasa saturada (g)	3,2	1,6
Grasa Monoinsat (g)	6,1	7,6
Grasa poliinsat (g)	6,6	3,8
Colesterol (mg)	68	43,4
Sodio (mg)	301	129,6

**Anexo 7 y 8*

CONCLUSIONES

Si fue posible elaborar la harina de plátano: la producción de harina de plátano utilizando tanto su pulpa como su cáscara es factible y además disminuye la cantidad de residuos descartados a partir del fruto sobremaduro. Su producción es simple tanto a nivel industrial como casero, lo que permite un bajo costo final. La adición de la cáscara al proceso de producción de harina mejora su perfil nutricional, pero a nivel organoléptico otorga una sensación astringente.

El tratamiento enzimático no produce una mejora en los parámetros organolépticos ni nutricionales en la harina de plátano sobremaduro.

La caracterización de la harina presentó un valor nutricional agregado en relación a harinas elaboradas sin adición de la cáscara.

La formulación del producto fue difícil debido al comportamiento de la harina de plátano, su textura y la necesidad de modificar los gramajes en diversas oportunidades.

La aceptabilidad general fue positiva, salvo en los casos en que el reemplazo de harina de trigo por harina de plátano sobremaduro fue total, por lo que se recomienda no hacer reemplazos totales de harinas sino que utilizar mezclas de harina que favorezcan la manipulación de la mezcla y posterior aceptabilidad del producto

Un posible cambio en la percepción del consumidor podría generarse si el producto sale al mercado al destacar sus características saludables, ya que las personas que usualmente prefieren este tipo de productos no se guían solo por el sabor del mismo, sino que además buscan un producto beneficioso (Fundación Chile, 2014).

Puede suponerse que los evaluadores, al no ser entrenados, esperasen un sabor muy similar a la magdalena corriente existente en el mercado ya que según la ficha clínica consumían regularmente productos como dulces y pasteles (47%). Por este motivo probablemente los promedios generales no fueron mayores.

Por todo lo anteriormente expuesto, a pesar de no encontrar resultados significativos en la respuesta glicémica, se debe destacar un menor IG y CG, el mayor aporte nutritivo que entrega la magdalena elaborada en comparación y su categorización como producto libre de sellos según la ley 20.606, por lo cual podría ser recomendado en la población sana, como una colación saludable.

No obstante, es recomendable realizar nuevas pruebas para la elaboración de la harina de plátano, considerando utilizar plátanos en estados de menor maduración, y estudiar la posibilidad de aplicar otros tratamientos para mejorar la calidad nutricional y organoléptica de ésta. No se deben descartar las posibilidades de reformular la magdalena seleccionada y como quedó evidenciado, los ingredientes pueden modificarse y reemplazarse con el fin de encontrar el producto deseado.

Otra recomendación es la elaboración de productos, enfocándose al trabajo con las cáscaras de plátano así generar un aporte de fibra dietética diaria de la población que es cada vez más bajo y la pulpa del plátano podría usarse pero en etapas tempranas de maduración (nunca sobrepasando la etapa 5 de maduración, si no existe un tratamiento anterior).

BIBLIOGRAFÍA

- Centro Regional de Estudios en Alimentos y Salud. (s.f.). Recuperado el 19 de Junio de 2016, de www.creas.cl: <http://www.creas.cl/old/?p=1847>
- Aguilar, M. C., Gonzales, E. J., Sanchez, J. P., Padilla, C. L., & Álvarez, J. F. (2010). The Guadix study of the effects of a Mediterranean diet breakfast on the postprandial lipid parameters of overweight and obese pre-adolescents. *Nutrición Hospitalaria*, 25, 1025-1033.
- Aguirre, P., & Galgani, F. (2006). Determinación del índice glicémico del alimento nutridiabético ® destinado a diabéticos tipo 2. *Revista Chilena de Nutrición*, 33(1), 14-21.
- Anton SD, M. C. (2010). Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, satiety, and postprandial glucose and insulin levels. *Appetite*, 55, 37-43.
- Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. España: Acribia.
- Aparicio, A., Sayago-Ayerdib, S., Vargas-Torresa, A., & Tovare, J. (2007). *Slowly; Digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch* (Vol. 20). *Journal of Food Composition and analysis*.
- Arteaga, A. (2006). El índice glicémico: Una controversia actual. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 55-60.
- Baldeon- Chamorro, E. (2007). *Fibra dietética: Fundamento, importancia y aplicaciones*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Bello, J. (2000). *Ciencia bromatológica, principios generales de los alimentos*. Madrid: Díaz de Santos.
- Blasco, G., & Gomez, F. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Revista Médica Universidad Veracruzana*, 23-24.
- Brand-Miller, J., & Thomas, M. (2003). Physiological validation of the concept of glycemic load in lean young adults. *Journal Nutrition*(133), 2728-2732.
- Browman , B., & Rusell, R. (2001). *Conocimientos actuales sobre nutrición* (8 ed.). Washington DC: Organización Panamericana de la Salud.
- Chockchaisawasdee, S., & Poosarán, N. (2013). Production of isomaltooligosaccharides from banana flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(1), 180-186.

- Cornejo, V., & Cruchet, S. (2014). *Nutrición en el ciclo vital*. Chile: Mediterráneo.
- Dalianas, I., & Ioannou, H. (2008). The role of trans fatty acids in atherosclerosis, cardiovascular disease and infant development. *International Angiology*, 27(2), 146-156.
- Del Morral, S., Ramirez, L., & García-Gomez, M. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 88-107.
- Deppa, G., Vasudeva, S., & Akhilender, N. (2010). A comparative study on starch digestibility, glycemic index and resistant starch of pigmented ('Njavara' and 'Jyothi') and a non-pigmented ('IR 64') rice varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 644-649.
- Deval, F., & Crini, G. (2004). Characterization of crosslinked starch materials with spectroscopic techniques. *Journal of Applied Polymer Science*, 93(26), 2650-2663.
- Eleazu, C. (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.
- Emaga T, A. R. (2007). Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chemistry*, 103(2), 590-600.
- Englyst, H., Kingman, S., & Cummings, J. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Journal of Clinical Nutrition*, 46, 33-50.
- Espitia-Pérez, P. J.-P.-P. (2013). Características del análisis proximal de harinas obtenidas de frutos de plátanos variedades Papocho y Pelipita (Musa ABB Simmonds). *Acta Agronómica*, 62(3), 189-195.
- Fandila, C. (2010). *Propiedades fisicoquímicas y de digestibilidad de almidón de plátano sometido a una modificación dual*. Instituto Politecnico Nacional, México.
- FAO. (1999). *Los carbohidratos en la nutrición humana*. Antártica.
- FAO/OMS, E. C. (2008). *Summary and Conclusions of the 69th meeting of the Joint FAO/WHO*. FAO/OMS. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016, de http://www.fao.org/ag/agn/agns/files/jecfa69_final.pdf:
http://www.fao.org/ag/agn/agns/files/jecfa69_final.pdf.

- Fatemeh , S., Saifullah, R., Abbas, F., & Azhar, M. (2012). Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: influence of variety and stage of ripeness. *International Food Research Journal*, 19, 1041-1046.
- Frankel, E. (2011). Nutritional and biological properties of extra virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(3), 785-792.
- Fundación Chile, G. A. (2014). *Chile saludable, oportunidades y desafíos de innovación* (Vol. 2). Chile: Área Alimentos y Biotecnología de Fundación Chile.
- Giancopini de Zambrano, M. I. (2012). El aceite de canola y sus efectos en la salud. *Anales Venezolanos de nutrición*, 25, 94-99.
- Gibson, G. (2008). Prebiotics as gut microflora management tools. *Journal Clinic Gastroenterology*(42), 75-79.
- González Hernández, D. I. (2006). Manejo nutricional de la enfermedad celíaca. *Revista Cubana de Pediatría*, 78(2), 42-46.
- Goñi, I. G.-A.-C. (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*, 17, 427-437.
- Guyléne, A., Parfait, B., & Farhasmane, L. (2009). Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends in Food Science & Technology*, 20, 78-91.
- Hart, H., Craine, L., Hart, D., & Hadad, C. (2007). *Química orgánica* (Doceava ed.). McGraw-Hill.
- Hernández, M. (1999). *Tratado de Nutrición*. Ediciones Diaz de Santos.
- Hernández, M. R., & Sastre, A. G. (1999). *Tratado de nutricion*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Horwitz, W. (1990). *Official Methods of Analysis of the AOAC International* (17 ed.). Maryland, USA.
- Huggett, A., & Schliter, B. (1996). Research needs for establishing the safety of functional foods. *Nutrional*, 54, 143-148.
- International Diabetes Federation. (2015). *IDF diabetes atlas. Séptima Edición*. Karakas print.

- Jiménez-Munguía, M., Bárcenas-Pozos, M., & Torres-González, M. (2014). *Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo* (Vol. 8). México: Universidad de las Américas Puebla.
- Jury G, A. c. (1999). *Porciones de intercambio y composición química de los alimentos de la pirámide alimentaria chilena*. Santiago: Universidad de Chile .
- L. R., S. L., & B. C. (2012). Public health : The toxic truth about sugar. *Nature*, 9-27.
- Lehmann, U., & Robin, F. (2007). Slowly digestible starch – its structure and health implications: A review. *Food Science and Technology*, 18, 346-355.
- Liao, H.-J., & Hung, C.-C. (2015). Chemical composition and in vitro starch digestibility of green banana (cv. Giant Cavendish) flour and its derived autoclaved/debranched powder. *Food Science and Technology*, 64, 639-644.
- Lii, C., Chang, S., & Young, Y. (1982). Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *Journal of Food Science*, 47, 1493–1497.
- Lin, Q., & Xiao, H. (2011). Production of isomaltooligosaccharide. *Food Science Thecnology*, 46, 1194-1200.
- Llerena Oñate, K. (2010). Utilización de harina de trigo y quinua para la elaboración de galletas, para niños del parvulario de la E.S.P.O.CH. Riobamba, Ecuador.
- Lutz, M., & Edel, A. (2009). *Aspectos nutricionales y saludables de los productos de panificación* (Vol. 30). Chile: Universidad de Valparaíso.
- Mellado, M. d. (2016). Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harina integral de arroz. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19, 1-9.
- Ministerio de Salud. (2009-2010). *Encuesta Nacional de Salud ENS Chile*. Chile.
- MINSAL. (2010). *Guía clínica diabetes mellitus tipo 2*. Chile: Ministerio de salud .
- MINSAL. (Octubre de 2015). *Guía de kioscos saludables*. Obtenido de www.dinta.cl/wp-dintacl/.../GUIA-DE-KIOSCOS-YCOLACIONESSALUDABLES.pdf
- Monteiro de souza, P., & Magalhaes de O, P. (2010). *Aplicación de amilasa microbiana en la industria - una revisión* (Vol. 41). Brazil: Brazilian journal of microbiology.

- Morales Guerrero JC, R. R. (2016). Determinación del índice glucémico y la carga glucémica de productos lácteos fermentados en sujetos adultos sanos, sedentarios y deportistas. *Nutrición Hospitalaria*, 33, 1096-1101.
- Moreno Esteban, B., Gargallo Fernández, M., & López De la Torre Casares, M. (1997). *Diagnóstico y tratamiento en enfermedades metabólicas*. Madrid: Diaz de Santos.
- MS, M. (1999). Effects of chronic administration of Stevia rebaudiana on fertility in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 67, 157-161.
- Mussatto, S., & Mancilha, I. (2007). Non-digestible oligosaccharides: A review. *Carbohydrate polymers*, 68, 587-597.
- Parada S, J. A. (2008). Relación entre la respuesta glicémica del almidón y su estado microestructural. *Revista Chilena de Nutrición*, 35(2), 84-92.
- Pingyi, Z., Roy, L., & James, N. (2005). Banana starch: Production, physicochemical properties, and digestibility—a review. *Carbohydrate Polymers*(59), 443–458.
- Rodríguez Alegría, M. E. (1 de Noviembre de 2014). *Enzimas aplicadas en procesos industriales*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2016, de <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art96/index.html>.
- RSA. (2015). *De las harinas, Artículo 347*. Chile: Ministerio de Salud.
- Rutenberg, M. a. (1984). *Starch derivatives: production and uses. Starch Chemistry and Technology* (segunda ed.). New York: Academic Press, Inc.
- Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., Collar, C., & Haros, M. (2010). Impact of the addition of resistant starch from modified pea starch on dough and bread performance. *European Food Research and Technology*New York, 231(4), 499-508.
- T. L., M. S., & M. J. (2012). Dietary sugars and body weight: Systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *British Medical Journal*, 346.
- Thomas, D., & Atwell, W. (1999). Starch modifications. In: *Starches. Practical guide for the food industry*. 31-48.
- Torres, N., Palacios-González, B., Noriega-López, L., & Tovar-Palacio, A. (2006). Índice glicémico, índice insulínico y carga glicémica de bebidas de soya con un contenido alto y bajo en hidratos de carbono. *Revista de Investigación Clínica*, 58, 487-497.
- Von Loesecke, H. (1950). *Bananas* (2 ed.). New York: Interscience Publishers.

- Watson, B., & Smith, L. (2009). La fibra dietaria, El secreto de la naturaleza para perder peso. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 3(29), 32.
- Wolever, T. (2004). Effect of blood sampling schedule and method of calculating the area under the curve on validity and precision of glycaemic index values. *British Journal of Nutrition*, 91, 295-300.
- Wrolstad, R. (2012). *Food Carbohydrate Chemistry*. UK: Willey-Blackwell.
- Zambrano, R. G. (2013). Respuesta glicémica al consumo de una barra de cereales-leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) en individuos sanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(2), 134-141.
- Zuleta, A., & Araya, H. (2003). Alimentos funcionales y saludables. *Revista Chilena de Nutrición*, 51-55.
- Zuleta, Á., & Araya, H. (2009). Hidratos de Carbono como ingrediente funcional. En M. Lutz, & H. Araya , *Aspectos nutricionales y saludables de los productos de panificación* (págs. 51-55). Chile: Universidad de Valparaíso.

Anexo 1. Escala Hedónica

Iniciales	
Edad	
Sexo	

Asigne un valor a cada característica del producto encerrándolo en un círculo

- 1 Me disgusta extremadamente
- 2 Me disgusta mucho
- 3 Me disgusta ligeramente
- 4 Ni me gusta ni me disgusta
- 5 Me gusta poco
- 6 Me gusta mucho
- 7 Me gusta extremadamente

Olor	Color	Sabor	Textura
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7

Anexo 2.- Ficha Médica.

Por favor, complete los datos que correspondan con letra clara.

I-	INFORMACIÓN PERSONAL	
	Iniciales (1er nombre y los dos apellidos):	IMC:
	Edad:	CC:
	Peso:	Sexo: Marque con una "X" <input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/> Masculino
Talla:		
II- HISTORIA CLÍNICA		

¿Ha tenido alguna enfermedad aguda o algún síntoma (fiebre, diarrea, vómitos, resfrío) durante este mes?

Si su respuesta fue "Sí" ¿Qué enfermedad o síntomas tuvo?

¿Ha perdido peso de manera involuntaria durante los últimos meses?

¿Toma algún medicamento de manera diaria? ¿Cuál?

III- ESTILO DE VIDA

Marque con una "X" según corresponda.	SÍ	NO
Fuma habitualmente (más de 3 días a la semana)		
Bebe alcohol habitualmente (más de 3 días a la semana)		

¿Cuántas veces a la semana realiza actividad física?

¿Está realizando alguna dieta estricta para bajar de peso?

IV- ALIMENTACIÓN: Marque con una "X" la opción según sea su caso.

Frecuencia	Ocasionalmente	2-3 veces a la semana	A diario
Leche y derivados			
Carnes, pescados y huevos			
Frutas y Verduras			
Legumbres			
Cereales, pan, papas			
Dulces, pasteles y golosinas (Azúcares)			
Bebidas y jugos azucarados.			

Anexo 3 Gramaje utilizado en cada tipo de magdalena de 50 g en las pruebas previas de elaboración

Ingredientes	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F	Tipo G	Tipo H	Tipo I	Tipo J	Tipo K	Tipo L
Harina de trigo (g)	7,5	11,5	9,5	11,4	0	0	0	12,6	0	0	0	11
Harina de plátano (g)	7,5	11,5	9,5	7,6	19	9,5	11	5,4	10	11	22	11
Almidón de maíz (g)	0	0	0	0	0	9,5	11	0	10	11	0	
Azúcar (g)	8	0	4	4	4	4	0	10	0	0	0	0
Endulzante	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0,6	0,6	0,6
Margarina light (g)	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0
Aceite (ml)	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6
Polvos de hornear (g)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Huevo entero (g)	8	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5
Leche semidescremada (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15
Sal (g)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TOTAL	50,71	49,71	51,71	49,31	49,31	49,31						

Anexo 4. Composición nutricional 12 tipos de magdalenas realizado

Tipo de magdalena	Peso (g)	Humedad	Calorías	Proteínas	Hidratos de Carbono	Fibra dietética	Lípidos	AG sat	AG monosat	AG polisat	Coolesterol
Magdalena A	50,71	7,16	151,64	2,52	20,49	1,56	6,63	1,78	2,64	1,865	34,3
Magdalena B	50,71	7,91	147,61	3,10	18,55	2,39	6,75	1,79	2,65	1,88	34,3
Magdalena C	50,71	7,53	149,65	2,82	19,51	1,97	6,69	1,79	2,64	1,874	34,3
Magdalena D	50,71	7,628	150,216	2,93	19,54	1,68	6,67	1,793	2,65	1,88	34,3
Magdalena E	50,71	7,03	146,8	2,23	19,42	3,44	6,78	1,77	2,64	1,83	34,3
Magdalena F	50,71	7,15	151,265	1,87	20,94	1,81	6,60	1,776	2,641	1,83	34,3
Magdalena G	50,71	8,37	145,99	1,93	19,44	2,11	6,63	1,77	2,64	1,83	34,3
Magdalena H	54,71	5,472	173,324	2,67	24,92	1,32	6,95	0,847	3,76	1,90	21,7
Magdalena I	51,71	5,07	160,92	1,59	22,9	1,91	6,91	0,82	3,75	1,85	21,7
Magdalena J	49,31	5,21	150,35	1,63	20,13	2,11	6,93	0,82	3,75	1,85	21,7
Magdalena K	49,31	5,07	145,18	2,06	18,36	3,99	7,13	0,82	3,75	1,85	21,7
Magdalena L	49,31	4,33	146,74	2,80	17,89	3,62	7,03	0,82	3,75	1,85	21,7

AG: Ácidos grasos

Anexo 5: Análisis de ficha médica

Alimentación	Consume ocasionalmente	Consume 2 a 3 veces por semana	Consume a diario
Leche y derivados	7%	73%	20%
Carnes, pescados y huevos	7%	13%	80%
Frutas y Verduras	7%	33%	60%
Legumbres	93%	7%	0%
Cereales, pan, papas			100%
Dulces, pasteles y golosinas (Azúcares)	53%	47%	0%
Bebidas y jugos azucarados	53%	47%	0%
Actividad Física	67%	13%	20%

Anexo 6. Consentimiento Informado



Versión SEPTIEMBRE 2016

Comité de Bioética para la Investigación

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado(a) paciente:

Le invitamos a participar en un estudio para optar al título de Nutricionista desarrollado por Gabriela Cáceres Escobar y Paulina Meneses Gómez, dirigido por Carmen Soto Maldonado y Marcela Alviña Walker a realizarse en el laboratorio de alimentos UV, ubicado en Avenida Gran Bretaña N° 1093, Playa Ancha, Valparaíso.

El estudio se titula "Evaluación de la harina de plátano sobre maduro como base de un alimento saludable" y su objetivo es "Desarrollar un producto saludable con características organolépticas aceptables, a base de harina de plátano (*Musa cavendish*) sobremaduro tratada enzimáticamente, apto para el consumo humano"

Su participación es voluntaria y puede elegir ser o no ser parte del estudio, de modo que si se niega a participar seguirá recibiendo la misma atención que hasta ahora. De igual forma, si usted acepta participar, puede retirarse en cualquier momento que estime conveniente, sin problemas ni sanciones.

Durante el estudio se harán pruebas de aceptabilidad y respuesta glicémica. Sus datos serán identificados por medio de sus iniciales, de manera que toda la información recopilada al respecto será estrictamente confidencial. Asimismo, es importante destacar que su participación es gratuita y ninguno de los miembros del equipo en este estudio recibirá dinero ni compensaciones por ello. El estudio tiene una duración aproximada de 2 meses.

Formulario de consentimiento informado:

Yo, (.....) Rut:, con fecha (/ /), declaro que me ha sido leída y he leído la información proporcionada, he podido aclarar mis dudas y mis preguntas han sido contestadas satisfactoriamente. Autorizo voluntariamente para que se utilice la información solicitada anteriormente.

ACEPTO

Anexo 7. Etiquetado nutricional e ingredientes magdalena 3 leches (Fábrica y comercializadora de alimentos “Buenas migas”)

MAGDALENA TRES LECHES

Elaborado y envasado por Fábrica y Comercializadora de Alimentos Buenas Migas Ltda.
 Henry Ford N° 950, Maipú, Santiago. Teléfono: 223761280.
 Resolución Sanitaria N° 7010 del 03-05-96, SEREMI de Salud de la Región Metropolitana.

INGREDIENTES: Harina de trigo, agua, aceite de canola y soya, huevo en polvo pasteurizado y maltodextrina, azúcar flor, dextrosa, suero de leche, agentes leudantes (bicarbonato de sodio, fosfato de sodio y aluminio, pirofosfato ácido de sodio), saborizante artificial, dióxido de silicio amorfo, sorbato de potasio, sal, propionato de calcio, ácido ascórbico, carboximetil celulosa sódica (CMC).

*Este producto contiene: Gluten, soya, huevo y leche.
 Puede contener trazas de nueces.*

Información Nutricional		
Porción: 1 unidad (50g)		
Porciones por envase: 9 unidades		
	100 g	1 porción
Energía (kcal)	360	180
Proteínas (g)	5,0	2,5
Grasas Totales (g)	16,0	8,0
Grasas Saturadas (g)	3,2	1,6
Grasas Monoinsaturadas (g)	6,1	3,1
Grasas Poliinsaturadas (g)	6,6	3,3
Grasas Trans (g)	0,1	0,1
Colesterol (mg)	68,0	34,0
H de C disp. (g)	49,0	24,5
Azúcares Totales (g)	23,0	11,5
Sodio (mg)	301	151

ALTO EN AZÚCARES **ALTO EN CALORÍAS**
 Ministerio de Salud

Producto chileno
 Duración: 15 días a partir de la fecha de elaboración.
 Mantener en lugar fresco, seco y limpio.
 CONT. NETO 450 g

7 804623 700537

Anexo 8. Magdalena comecial

