

Aspectos de calidad de un chocolate oscuro elaborado con formulación óptima

Quality aspects of a dark chocolate made with optimal formulation

Gabriela Cristina CHIRE FAJARDO, Milber Oswaldo UREÑA PERALTA

Departamento de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Recibido: 8/marzo/2023. Aceptado: 19/abril/2023.

RESUMEN

Introducción: Los chocolates son procesados en fábricas de alta, mediana y pequeña escala, donde el cacao pasa por diferentes operaciones unitarias que brindan el valor agregado esperado; sin embargo, es importante controlar los ingredientes de la formulación: azúcares totales y grasa saturada, que afecta el sobrepeso del consumidor de chocolates.

Objetivo: Evaluar aspectos de calidad de un chocolate oscuro al 70% de cacao a partir de una fórmula optimizada (CO-70) en cuanto a aspectos energéticos, componentes antioxidantes, de inocuidad y sensoriales.

Materiales y métodos: Se analizó valores nutricionales, componentes antioxidantes y alcaloides, valores microbiológicos y toxicológicos, así como la aceptabilidad sensorial con consumidores de 20 a 40 años, utilizando métodos analíticos.

Resultados y discusiones: Los resultados muestran a un CO-70 reducido en calorías con $555,9 \pm 0,1$ kcal; un nivel de azúcar de 35,45 g; un nivel de grasa de 35,12 g; contenido de ácidos grasos insaturados de $13,05 \pm 0,03$ g; un contenido de proteínas de 11,88 g; una cantidad importante de polifenoles de $2,20 \pm 0,15$ g EAG en 100 g chocolate; libre de microorganismos patógenos y compuestos tóxicos; con una aceptabilidad sensorial de 70,80 % en consumidores peruanos.

Conclusiones: Con el adecuado diseño y desarrollo de productos se pueden obtener chocolates con calidad sensorial

y nutricional cada vez mejores, en beneficio de la salud del consumidor.

PALABRAS CLAVE

Calorías del chocolate; grasa insaturada; antioxidantes del chocolate; toxina del cacao; consumidores de chocolate.

ABSTRACT

Introduction: The chocolates are processed in factories of high, medium, and small scale, where the cacao beans go through different unit operations that provide the expected added value; however, it is important to control the ingredients of the formulation: total sugars and saturated fatty acids, which affects the overweight of the chocolate consumer.

Aim: To evaluate quality aspects of a dark chocolate 70 % cacao made from an optimized formula (CO-70) in terms of energy aspects, antioxidants components, safety and sensory.

Materials and methods: The following were analyses nutritional values, antioxidant, and alkaloid components, microbiological and toxicological, as well as sensory acceptability with 20–40-year-old consumers, using analytical methods.

Results and discussions: The CO-70 reduced in calories with 555.9 ± 0.1 kcal; a sugar level of 35.45 g; a fat level of 35.12 g; unsaturated fatty acid content of 13.05 ± 0.03 g; a protein content of 11.88 g; a significant number of polyphenols of 2.20 ± 0.15 g GAE in 100 g chocolate; free of pathogenic microorganisms and toxic compounds; with a sensory acceptability of 70.80% in peruvian eaters.

Conclusions: With the adequate design and development of products, chocolates with sensory and nutritional quality

Correspondencia:
Gabriela Cristina Chire Fajardo
gchire@lamolina.edu.pe

that are increasingly better for the health of the consumer can be obtained.

KEY WORDS

Chocolate calories; unsaturated fat; chocolate antioxidant; cacao toxin; chocolate eaters.

ABREVIATURAS

CO-70: chocolate oscuro al 70% de cacao a partir de una fórmula optimizada.

CCN 51: varietal de cacao, colección castro naranjal 51.

ICS 6: varietal de cacao, imperial college selection 6.

HCl: ácido clorhídrico.

EAG: equivalente de ácido gálico.

DPPH: 2,2 difenil-1-picril-hidrazil.

Trolox: 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico.

FRAP: poder antioxidante reductor férrico.

TPTZ: 2,4,6-tripiridil-s-triazina.

FeCl₃: tricloruro de hierro.

HPLC: cromatografía líquida de alta eficiencia.

IMVIC: prueba utilizada en microbiología; indol, rojo de metilo, voges-proskauer y citrato.

T/C: ratio teobromina/cafeína.

NMP: Numero más probable.

INTRODUCCIÓN

El chocolate es un producto que contiene como ingrediente importante a la manteca de cacao, que le brinda estructura y calorías¹, es un alimento altamente energético, suplemento nutricional para atletas², que contiene aproximadamente 30 % de grasa cruda y una cantidad considerable de azúcar, por lo que conlleva al consumidor a una ganancia de peso corporal. En los últimos años, en el Perú, se ha incrementado no sólo la producción del cacao como materia prima sino también la fabricación y comercialización de chocolates, especialmente el oscuro, por sus propiedades sensoriales³, presencia de alcaloides⁴ y propiedades antioxidantes⁵. Diversas formulaciones y procesos han sido puestos en práctica para distintos tipos de chocolate, siendo la orientación de la producción el obtener chocolates con mayor calidad sensorial y a menor costo, no atendiendo el aspecto de la alimentación saludable, pocos son los esfuerzos que se plasman en chocolates con bajo contenido de azúcares y la reducción de grasa saturada. Estudios en humanos declaran que la ingesta de antioxidantes (flavonoides) incrementan la concentración de AGn3Cl⁶. Según WHO⁷,

la actividad aeróbica facilita de manera continuada el mantenimiento del peso corporal y dicha relación varía considerablemente según las personas, por lo que podrían ser necesarios hasta más de 150 minutos a la semana de actividad moderada para mantener el peso en adultos de 18 a 64 años.

Otro aspecto para considerar en cuanto a calidad es la inocuidad, tanto en el procesamiento con respecto a la higiene y buenas prácticas de manufactura del chocolate y el manejo poscosecha de los granos de cacao, lo que asegurará la no presencia de contaminantes químicos (presencia de toxinas: cadmio, ocratoxina A, aflatoxina, entre otros) y biológicos (presencia de microorganismos patógenos como: *Salmonella sp.*).

Debido a que existe escasa información sobre aspectos de calidad del chocolate, al estudio previo de un chocolate oscuro al 70 % de cacao a partir de una fórmula optimizada (CO-70)⁸; se propuso como objetivo valorar los aspectos nutricionales, energéticos, componentes antioxidantes, alcaloides, valores microbiológicos y toxicológicos, así como su aceptabilidad sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de chocolate oscuro

Chocolate oscuro al 70 % de cacao, que se obtuvo a partir de un estudio anterior de una fórmula optimizada (CO-70)⁸ en cuanto al color, tamaño de partícula, propiedades reológicas y textura utilizando el método de superficie de respuesta, que abarcó las mezclas de grano de cacao CCN 51 e ICS 6, procedentes del distrito de Uchiza, provincia de Tocache en el departamento de San Martín (Perú), que fueron procesados (tostado, descascarillado y molido) hasta la obtención de pasta de cacao, manteca de cacao y cocoa en polvo; y tres formulaciones de chocolate que fueron elaboradas en una refinadora-concadora, temperadas, cristalizadas y moldeadas en tabletas. El CO-70 resultó de la mezcla 10 % de CCN 51 y 90 % de ICS 6, complementada con 29,6 % de azúcar blanca y 0,4 % de lecitina de soya, adquiridas en un mercado local de la ciudad de Lima (Perú).

Caracterización del chocolate

Valores nutricionales: Se evaluó el contenido de energía térmica (kcal) aplicando los coeficientes energéticos de Atwater, siendo 4 kcal para proteínas, 9 kcal para lípidos y 4 kcal para carbohidratos. Así mismo, se determinó la composición proximal del CO-70: azúcares totales⁹, grasa cruda¹⁰, ácidos grasos¹¹ por cromatografía de gases y proteína cruda¹⁰, expresado en base seca.

Compuestos antioxidantes: la muestra de CO-70 fueron secadas y desengrasadas previo al análisis (muestra preparada).

- Contenido de polifenoles totales, se realizó según el método de Folin-Ciocalteu (F-C)¹² usando 0,5 g de muestra preparada que fue tratado con 20 mL de metanol/agua

acidificados con ácido clorhídrico HCl 2N (50:50 v/v, pH2), tras lo que se agitó durante una hora. Luego de centrifugar se recogió el sobrenadante y el residuo se trató con 20 mL de acetona/agua (70:30 v/v) y se volvió a agitar durante una hora. Finalmente, ambos sobrenadantes se mezclaron. Se utilizó una curva estándar de ácido gálico ($Y = 0,0019X - 0,01$ y $R^2 = 0,9988$), se tomaron los valores de absorbancia a 750 nm. Los resultados se expresaron en mg EAG/g chocolate.

- b. Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH, se realizó según lo recomendado por Brand-Williams et al.¹³. Se pesó 2,5 mg de Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico) y se disolvió en 10 mL de metanol al 80 %, luego se realizaron diluciones a diferentes concentraciones para la elaboración de la curva estándar ($Y = - 0,008X + 0,9265$ y $R^2 = 0,9930$). Para la preparación del radical se pesó 3,9 mg de DPPH (2,2 difenil-1-picril-hidrazil) y se disolvió lentamente en 100 mL de metanol al 80 % (se almacenó en refrigeración protegido de la luz). Se tomó diferentes concentraciones de la muestra preparada de los extractos (según las concentraciones de polifenoles) y metanol al 80 % hasta alcanzar un volumen de 100 μ L y se adicionó 2,9 mL de DPPH. Las mediciones se realizaron mediante un espectrofotómetro a 517 nm. Los resultados se expresan en μ mol equivalente trolox/g chocolate.
- c. Determinación de la capacidad antioxidante por FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), fue realizado según Saura-Calixto y Goñi¹⁴. A 900 μ L de reactivo FRAP que contiene TPTZ, FeCl₃ y tampón acetato se mezclaron con 90 μ L de agua desionizada y 30 μ L de la muestra preparada o el blanco (los disolventes usados para la extracción). La curva FRAP fue $Y = 0,0014X - 0,0059$ y $R^2 = 0,9998$. Tras incubar a 37 °C, se tomaron los valores de absorbancia a 595 nm a los 30 minutos. Los resultados se expresan en μ mol equivalente trolox/g chocolate.

Compuestos alcaloides: teobromina¹⁵ por HPLC y cafeína¹⁰ por el método Andrew. En ambos casos se reportó como mg/100 g chocolate. Adicionalmente se reportó la relación teobromina/cafeína (T/C) por cálculo de los componentes.

Ensayos microbiológicos: se determinó el recuento de mohos por siembra en placa en todo el medio¹⁶, la numeración de *Escherichia coli* por identificación de organismos IMVIC¹⁶ y la detección de *Salmonella sp.* por la prueba serológica en 25 g de chocolate¹⁷.

Ensayos toxicológicos: Se determinó el contenido de ocratoxina A por HPLC en μ g/kg chocolate¹⁸ y contenido de cadmio por espectrometría de absorción atómica¹⁹ en mg/kg chocolate.

Estudio de evaluación sensorial: Se encuestaron a 258 consumidores habituales de chocolate entre peruanos y ex-

tranjeros de 20 a 40 años con muestras de 5 g de CO-70 usando una ficha con escala hedónica de 5 puntos (1 = me desagrada mucho, 2 = me desagrada, 3 = me agrada más o menos, 4 = me agrada y 5 = me agrada mucho), en un ambiente con luz solar o blanca, a 20 ± 1 °C de temperatura. Los resultados se procesaron en una hoja de cálculo y se reportó porcentaje de aceptación del CO-70 a partir de 4 puntos (me agrada) a más.

Análisis estadístico

Los resultados de los análisis aplicados al CO-70, fue reportado como promedio de valores y desviación estándar de dos mediciones (n = 2). La aceptabilidad sensorial fue reportada en porcentaje por cada categoría de consumidores.

RESULTADOS

Valores nutricionales

El CO-70 alcanzó $555,9 \pm 0,1$ kcal en base a 100 g de chocolate que se muestra en la tabla 1, lo que aproximadamente constituye un 7,4 %²⁰; 8,0 %³; y 10,6 %³ menos de calorías que el valor 597,1 kcal²⁰; 600,3 kcal³ y 614,9 kcal³ respectivamente en chocolate con 70 % de cacao. A pesar de que la grasa en esta formulación CO-70 no es el primer componente, es un elemento importante que se encuentra ubicado en segundo lugar, aporta de 9 kcal/g.

Tabla 1. Valores nutricionales del chocolate oscuro optimo

	Base a 100 g de chocolate	Porción 25 g de chocolate
Energía total (kcal)	555,9 \pm 0,1	139,0 \pm 0,0
Azúcar total (g)	35,45 \pm 0,01	8,86 \pm 0,00
Grasa cruda (g)	35,12 \pm 0,04	8,78 \pm 0,01
Ácidos grasos saturados (AGS) (g)	21,74 \pm 0,35	5,44 \pm 0,09
Ácido graso saturado esteárico (AGS esteárico) (g)	11,71 \pm 0,68	2,93 \pm 0,17
Ácido graso saturado palmítico (AGS palmítico) (g)	9,34 \pm 0,25	2,34 \pm 0,06
Ácidos grasos insaturados (AGI) (g)	13,05 \pm 0,03	3,26 \pm 0,04
Ácidos grasos trans (g)	0,00 \pm 0,01	0,00 \pm 0,01
Proteína cruda (g)	11,88 \pm 0,01	2,97 \pm 0,00

Los valores son expresados como promedio \pm desviación estándar (n = 2).

Compuestos antioxidantes y alcaloides

La tabla 2, muestra los resultados de los antioxidantes y alcaloides presentes en el CO-70. Los polifenoles extraíbles alcanzaron un valor de 22,02 mg EAG/g de chocolate, el cual es una de las fortalezas del cacao que lleva el chocolate ya que en su formulación se utilizó una mezcla de granos de cacao (90 % de ICS 6 y 10 % de CCN 51) con un tratamiento térmico estándar⁸ para la obtención del CO-70⁸.

Tabla 2. Compuestos antioxidantes y alcaloides del chocolate oscuro óptimo

Compuesto	CO-70
Polifenoles totales (mg EAG/g chocolate)	22,02 ± 1,55
Capacidad antioxidante – DPPH (µmol eq trolox/g chocolate)	11,66 ± 0,06
Capacidad antioxidante – FRAP (µmol eq trolox/g chocolate)	67,00 ± 0,20
Teobromina (mg/100g chocolate) (T)	986,98 ± 3,32
Cafeína (mg/100g chocolate) (C)	167,67 ± 7,15
Ratio T/C	5,89

Los valores son expresados como promedio ± desviación estándar (n = 2).

Valores microbiológicos y toxicológicos

La tabla 3 presenta los resultados de la inocuidad del CO-70, la que se debe controlar antes que el producto sea comercializado, como: mohos, *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* Con respecto a las toxinas en el chocolate, se analizaron: ocratoxina A y cadmio.

Tabla 3. Ensayos microbiológicos y toxicológicos del chocolate oscuro óptimo

Microorganismo	CO-70
Mohos	1,0 ± 0,0
<i>Escherichia coli</i>	0,48 ± 0,0
<i>Salmonella sp.</i>	Ausencia en 25 g
Toxina	CO-70
Ocratoxina A (µg/kg)	< 0,3 ± 0,0
Cadmio (mg/kg)	0,3 ± 0,0

Los valores son expresados como promedio ± desviación estándar (n = 2), resultados para mohos y *E. coli* expresados en log UFC/g y log NMP/g, respectivamente.

Aceptabilidad sensorial

Los resultados muestran que el 70,80 % de los consumidores peruanos y el 40,63 % de los consumidores extranjeros encuestados, comprendidos entre 20 a 40 años, aceptaron positivamente el CO-70 (Tabla 4), lo que podría indicar la posible comercialización de este tipo de chocolate en el Perú y en un futuro cercano en el resto del mundo.

Tabla 4. Estudio de evaluación sensorial por aceptabilidad general del chocolate oscuro óptimo

Consumidores	%	Numero
Peruanos	70,80	226
Extranjeros	40,63	32

DISCUSIONES

Valores nutricionales

El CO-70 alcanzó un valor de 35,12 ± 0,04 % de grasa cruda en base seca, que es menor a los valores 41,31 ± 0,10 %²⁰; 41,50 ± 0,40 %³ y 44,5 ± 1,6 %³ en base seca para chocolates al 70 % de cacao; lo que se concluye que a mayor contenido de grasa mayor contenido de calorías. El promedio del contenido de grasa de éstos tres chocolates es 42,44%, valor lejano al 35,12% que alcanzó en el diseño de formulación del chocolate CO-70, así mismo, representa un ahorro de 65,88 kcal por 100 g de chocolate. El contenido de proteína del CO-70 alcanzó un valor de 11,88 ± 0,01 %, superior a lo reportado por Mejía et al.³ para chocolates al 70 % de cacao con valores de 8,4 ± 0,3 % y 9,7 ± 0,3 % elaborados con cacao de Quillabamba y Bagua, respectivamente; y al reportado por Daza-La Plata et al.²⁰ con 9,70 ± 0,12 % de proteína.

Por salud pública, tal energía del chocolate oscuro condiciona su ingesta a un valor no mayor de 25 g/día²¹. Para una dieta de 2000 kcal la ingesta de una porción de chocolate (25 g) debe ser complementada con otros alimentos para llegar al balance requerido de energía. El consumo de una tableta de 25 g de chocolate CO-70 al día representa una ingesta de: 1) 139 kcal que representa el 7 % de las calorías del día dando espacio para el consumo de los alimentos, 2) 8,86 g de azúcar total que representa el 35,44 % de la ingesta de azúcar al día²² y 3) 8,78 g de grasa total de los cuales 3,26 g es ácido graso insaturado (oleico principalmente) en beneficio para la salud. La investigación de Hasmiza et al.²³ indican que el consumo de 20 g de chocolate oscuro para personas obesas y de sobre peso es considerablemente aceptable y puede contrarrestar el impacto de la dieta en el contenido de grasa y energía. Estudios realizados con cacao peruano a nivel in vivo, indican que el consumo de cacao peruano tiene un potencial de prevención del asma²⁴, debido a que decrecieron

los granulocitos del asma inducido, incrementando el líquido de lavado bronco alveolar por la reducción de la proporción de eosinófilos.

En el Perú, DS 30021 Ley de Promoción de la Alimentación Saludable²⁵, declara valores no permitidos para alimentos sólidos, referentes al contenido de sodio (mayor o igual a 400 mg/100g alimento), azúcar total (mayor o igual a 10 g/100g alimento), grasas saturadas (mayor o igual a 4 g/100g alimento) y grasas trans (no será mayor a 5 g de ácidos grasos trans por 100 g de materia grasa). A continuación, se analiza cada uno de ellos para el chocolate CO-70:

El contenido de sodio no fue añadido a la formulación por lo que el chocolate es bajo en sodio.

El azúcar total, depende de la formulación empleada en la elaboración del chocolate, que fue de 29,60 %⁸. El contenido de azúcar total para el CO-70 fue de 35,45 ± 0,01 %, correspondiendo el 5,85 % al azúcar de la mezcla de cacao peruano (90% ICS 6 y 10% CCN 51). Dicho contenido, fue tres veces más que el límite superior de la norma, por lo que se plantean alternativas en el diseño de la formulación de un chocolate oscuro que cumpla con el requisito (máximo de azúcar total): 1) formular un chocolate con al menos 92 % de cacao, 2) formular un chocolate con al menos 92 % de cacao acompañado de un probiótico que contribuye con el sabor, 3) formular un chocolate con polialcoholes y/o edulcorantes como por ejemplo el uso de maltitol, polidextrosa/inulina e isomaltosa/estevia.

Las grasas saturadas o ácidos grasos saturados (AGS), el CO-70 tiene 21,74 ± 0,35 %, aproximadamente cinco veces más que el límite superior que declara la Ley (4 g de grasa saturada en 100 g de chocolate), debido a la composición propia de la manteca de cacao. De los AGS de la fracción lipídica del chocolate oscuro, la grasa proveniente sólo del cacao tiene aproximadamente 33,3 ± 1,9 % de AGS esteárico, que es un indicador para la salud, y 26,6 ± 0,7 % de AGS palmítico, que afecta a la concentración del colesterol en sangre¹; es decir, 11,71 ± 0,68 g y 9,34 ± 0,25 g, respectivamente (Tabla 1).

La manteca de cacao está formada por tres triglicéridos que mayoritariamente se forman a partir de tres ácidos grasos, que son: palmítico, esteárico y oleico, las estructuras de los triglicéridos se representan con las siguientes siglas: POS, SOS y POP. El ácido graso monoinsaturado (AGMI) representativo o predominante es el ácido graso oleico con 11,43 ± 0,34 g en 100 g chocolate²⁶, la diferencia mostrada en la tabla 1 se debe a la presencia de otros ácidos grasos insaturados como: linoleico (C18:2, w6) y linoléico (C:18:3, w3).

Las grasas trans o ácidos grasos trans no se evidenciaron en el análisis, en el estudio de Moreno-Alcalde et al.²⁷ también se evaluó el contenido de ácidos grasos trans a 10 tabletas de chocolate en Madrid, reportando cero detecciones,

por lo que se comprueba que la manteca de cacao no tiene ácidos grasos trans en su composición.

Para la Ley de Promoción de la Alimentación Saludable, el CO-70 cumple con niveles de sodio y grasas trans (ácidos grasos trans). En general los chocolates genuinos elaborados a partir de granos de cacao estándares, tendrán la figura del octágono en azúcar total y grasa saturada, que se presentaría en la parte frontal del empaque. La actividad física en los consumidores de chocolates debe realizarse para evitar el sobrepeso⁷.

Compuestos antioxidantes y alcaloides

Los polifenoles son importantes porque disminuyen la peroxidación lipídica dando su capacidad antioxidante frente a sustancias reactivas propias del metabolismo²⁸. Mejía et al.³ reportaron para un chocolate al 70 % de cacao procedente de Quillabamba 15 mg EAG/g chocolate y de Bagua 44 mg EAG/g chocolate, lo que significa que existen materiales de cacao peruano con mayores contenidos de polifenoles totales para una misma formulación. Un chocolate oscuro con alto contenido de cacao aporta un alto contenido de compuestos antioxidantes (polifenoles, flavonoides y flavanoles)⁵ por la relación con el contenido de cacao y en el presente estudio se confirma por los resultados obtenidos de capacidad antioxidante DPPH y FRAP, con valores de 11,66 ± 0,06 µmol equivalente trolox/g chocolate y 67,00 ± 0,20 µmol equivalente trolox/g de chocolate, respectivamente.

Los alcaloides del cacao, teobromina (T) y cafeína (C), contribuyen en el sistema nervioso del ser humano, la teobromina tiene un efecto positivo en el incremento de la concentración de colesterol HDL en suero⁴. El CO-70 registró un contenido de teobromina de 986,98 ± 3,32 mg, valor superior a los chocolates peruanos procedentes de Bagua y Quillabamba en 652,1 ± 22,8 mg y 208,7 ± 3,1 mg, respectivamente³. El contenido de cafeína fue de 167,67 ± 7,15 mg valor superior a los contenidos de cafeína de los chocolates procedentes de Bagua y Quillabamba en 148,5 ± 5,8 mg y 142,2 ± 1,5 mg, respectivamente³. En general las diferencias se deben al varietal de cacao empleado en la elaboración de chocolate³ y no a la formulación. La relación T/C de 5,89 representa la presencia de cacao trinitario por el 90 % de ICS 6, ya que la ratio 5,89 se encuentra en el rango de los puntos de 2 a 6³.

Valores microbiológicos y toxicológicos

Los resultados microbiológicos son negativos, lo que evidencia las Buenas Prácticas de Manufactura y el cumplimiento de la norma sanitaria de inocuidad para los alimentos de consumo humano en el procesamiento del cacao y en la elaboración del chocolate. Si bien es cierto que aún no se tiene un límite máximo permitido para de ocratoxina en cacao, existe una cantidad sugerida por la Unión Europea para

cacao en polvo de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ²⁹; el resultado de ocratoxina A en el CO-70 se encuentra muy por debajo de este valor. El contenido de cadmio en el CO-70 contiene 0,3 mg/kg, valor por debajo de lo declarado en la Unión Europea que como límite máximo es 0,8 mg/kg³⁰. En Perú, en un estudio realizado en los suelos de la región de San Martín, se encontraron libres de cadmio³¹, lugar donde fueron cosechados los genotipos CCN 51 e ICS 6 que se utilizaron para la elaboración del CO-70. En el CO-70 no se detectó presencia de cadmio en las muestras analizadas.

Aceptabilidad sensorial

Mejía et al.³² reportaron una aceptabilidad de 5-6 en una escala hedónica de 10 puntos para un chocolate oscuro peruano al 70% de cacao y en el presente estudio la aceptabilidad fue de 4 en una escala de 5 puntos para el CO-70 lo que ratifica una mejor posición con respecto a la aceptación del producto por parte de los consumidores de chocolates.

Con tales resultados obtenidos, se sugiere analizar la calidad nutricional del chocolate oscuro utilizando ensayos in vivo a fin de identificar potenciales efectos fisiológicos en beneficio del consumidor.

CONCLUSIONES

El CO-70 desarrollado de la formulación óptima es un producto potencial adecuado para el consumidor de chocolates peruano ya que obtuvo de 7,4 a 10,6% calorías menos que los chocolates comerciales en el mundo a la misma concentración. Este producto está diseñado para elaborar tabletas de chocolates y puede participar en la elaboración de bombones, chips de chocolates y otros productos para la industria alimentaria. Aporta cantidades importantes de ácidos grasos insaturados, proteínas y polifenoles, lo que representa beneficios para la salud del consumidor. No presentó microorganismos patógenos, ni compuestos tóxicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Chire-Fajardo GC, Ureña-Peralta MO, Hartel RW. Fatty acid profile and solid fat content of Peruvian cacao for optimal production of trade chocolate. *Rev Chil Nutr* 2020; 47(1): 50-56. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000100050>
- Valenzuela A. Chocolate, a healthy pleasure. *Rev Chil Nutr*. 2007; 34(3), 180-190. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000300001>
- Mejía A, Meza G, Espichan F, Mogrovejo J, Rojas R. Chemical and sensory profiles of Peruvian native cocoas and chocolates from Bagua and Quillabamba regions. *Food Sci Technol* 2021; 41(2): 576-582. <https://doi.org/10.1590/fst.08020>
- Neufingerl N, Zebregs YEMP, Schuring EAH, Trautwein EA. Effect of cocoa and theobromine consumption on serum HDL-cholesterol concentrations: a randomized controlled trial. *The Am J Clin Nutr*, 2013; 97: 1201–1209. <http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.112.047373>
- Calixto-Cotos MR, Chire-Fajardo GC, Orihuela-Rivera CA. Antioxidants properties of chocolate sold in Peru. *Acta agron* 2018; 67(4): 518-524. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v67n4.71357>
- Reyna S, Valenzuela R, Villanueva ME. Action of flavonoids on the conversion of long-chain polyunsaturated fatty acids from essential fatty acids. *Rev Chil Nutr* 2018; 45(2): 153-162. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000300153y>
- WHO. Global recommendations on physical activity. World Health Organization. Switzerland, 2010.
- Chire-Fajardo GC, Ureña-Peralta MO, García-Torres SM, Hartel RW. Optimization of the dark chocolate formulation from the mixture of cocoa beans and cocoa content by applying surface response method. *Enfoque UTE* 2019; 10(3): 42-54. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n3.432>
- Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. Cocoa beans and its products. AOAC 968.28. 21st ed. Maryland. The Association, 2019.
- Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC International. Cocoa beans and its products. AOAC 963.15., AOAC 970.22., AOAC 950.40. 20th ed. Volume II. Maryland. The Association, 2016.
- International Organization for Standardization (ISO). ISO 12966-1. Animal and vegetable fats and oils. Gas chromatography of methyl esters – Part 1: guidelines on modern chromatography of fatty acids and methyl esters. Switzerland, 2014.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidant means of folin-ciocalteau reagent. *Methods in Enzymology*, 1999; 299: 152-178. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci and Technol* 1995; 28(1): 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Saura-Calixto F, Goñi I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chem* 2006; 94: 442-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.033>
- Pura-Naik J. Improved high-performance high liquid chromatography method to determine theobromine and caffeine in cocoa and cocoa products. *J Agric Food Chem* 2001; 49(8): 3579-3583. <https://doi.org/10.1021/jf000728z>
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Coliform bacteria. Mold and yeast count. Volume 1, 2nd ed. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España, 1983a; p. 132-134, 138, 139-142, 166-167.
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Food microorganisms. Meaning and enumeration method. 2nd ed. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España, 1983b; p. 169-178.
- Association of Official Agricultural Chemists. Official Method of Analysis of AOAC international. N° 2000.09: Ochratoxin A in roasted coffee: Immunoaffinity column HPLC method. The Association, 2000.

19. Perkin-Elmer. Analytical methods for atomic absorption, spectrophotometry. Norwalk, Connecticut. U.S.A.
20. Daza-La Plata A, Chire-Fajardo GC, Ureña-Peralta MO. Kinetic of at bloom in commercial dark chocolate simples in Peru. *Acta Agron* 2020; 69(2): 80-87. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n2.79782>
21. Torres-Moreno M, Torrescana E, Salas-Salvado J, Blanch C. Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. *Food Chem* 2015; 166: 125-132. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.141>
22. WHO. Directive: Sugar intake for children and adults. World Health Organization, 2015. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fapps.who.int%2Firis%2Fbitstream%2Fhandle%2F10665%2F154587%2FWHO_NMH_NHD_15.2_spa.pdf&clen=244545&chunk=true
23. Hasmiza H, Amin I, Barakatun-Nisak MY, Naomi O, Zulfitri-Azuan MD. Effect of cocoa polyphenols and dark chocolate on obese adults: A scoping review. *Nutrients* 2020; 12; 3695: 1-19. <https://doi.org/10.3390/nu12123695>
24. Pérez M, Rodríguez-Lagunas MJ, Pérez-Cano FJ, Best I, Pastor-Soplín S, Castell M, *et al.* Influence of consumption of two peruvian cocoa populations on mucosal and systemic immune response in an allergic asthma rat model. *Nutrients* 2022; 14(410): 1-16. <https://doi.org/10.3390/nu14030410>
25. DS 30021-2017-SA. Supreme decree approving the law N° 30021, Healthy eating promotion law. Lima, 2017.
26. Ariza-Ortega JA, Alanís-García E, Rodríguez-Meléndez CT. Proximal chemical evaluation, antioxidant content and fatty acids in fermented and dried cocoa beans, roasted cocoa beans and cocoa pulp bar (*Theobroma cacao* L. Criolla cultivar). *Rev Chil Nutr* 2021; 48(4): 500-506. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000400545>
27. Moreno-Alcalde S, Ruiz-Roso B, Pérez-Olleros L, Belmonte-Cortés S. Content of trans fatty acids in foods marketed in the community of Madrid (Spain). *Nutr Hosp* 2014; 29(1):180-186. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6980>
28. García-Ramon F, Alvarez H, Sotelo-Méndez A, González-Huaman T, Norabuena E, Zarate Sarapura E, *et al.* Calidad nutricional, evaluación física, sensorial y biológica en panes convencionales y libres de gluten. *Nutr Clin y Diet Hosp.* 2022; 42(1): 106-114. <https://doi.org/10.12873/421garcia>
29. Kabak B. Aflatoxin and ochratoxin A in chocolate products in Turkey. *Food Additives Contaminants* 2019; 12(4): 225-230. <http://dx.doi.org/10.1080/19393210.2019.1601641>
30. Helvetas Swiss Intercooperation. Cocoa value chain. Scientific evidence and regulatory challenges facing the cadmium issue. Lima, 2018.
31. Arévalo-Gardini E, Arévalo-Hernández CO, Baligar VC, He ZL. Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Perú. *Sci Total Env* 2017; 606(605): 792-800. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.122>
32. Mejia RA, Ruiz C, Portales R, Rojas R. Quality profile of peruvian dark chocolate. A preliminary approach. International Symposium on Cocoa Research (ISCR). November 2017. <https://www.icco.org/proceedings-of-the-international-symposium-on-cocoa-research-2017/>