



Efecto de la adición de hemoglobina bovina desecada, en el color, la fuerza de fractura y la satisfacción general de un chocolate en barra, fortificado con hierro hemo.

Soto Méndez Adriana ¹., Caballero Pérez Luz Alba ²., Rivera María Esther ³

¹Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.

²Departamento de Alimentos. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona. Pamplona. Colombia.

³Departamento de Ingeniería Civil y Ambiente. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona. Pamplona. Colombia.

Resumen

El presente trabajo investigativo tiene como fin evaluar el efecto en el color, la fuerza de fractura y la satisfacción general de la adición de hemoglobina bovina desecada (HBD) al 5.7% a un chocolate en barra de nombre "Risita" producido por Alnut Ltda y definir las condiciones de trabajo, de una máquina universal de ensayos TAPlus serie avanzada, a las cuales se obtiene mayor repetibilidad en la determinación de fuerza de fractura de barras de chocolate.

En la elaboración del producto alimenticio se utilizó una formulación de chocolate con leche y cereal inflado, comercializada por Alnut Ltda. ("Risitas", Alnut, Colombia) a la cual se adicionó hemoglobina bovina desecada (HBD) al 5,7% con un contenido de hierro hemo de 2,2 mg / 100g. A los resultados de color, fuerza de fractura y satisfacción general se les aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) y a los resultados de la puesta a punto del método para determinar fuerza de fractura, se les aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para diseños 2^k con cuatro factores (fuerza trigger, velocidad, ancho del puente de la mordaza y límite de desplazamiento). Como resultado se obtuvo que la adición de hierro hemo al chocolate "Risita" influyó significativamente en el color y la fuerza de fractura del mismo. Sin embargo la evaluación sensorial no reportó diferencias significativas en el grado de satisfacción general; el chocolate fortificado fue sensorialmente aceptado por el 98 % de los niños de 6 a 10 años que lo evaluaron, sugiriendo este resultado la viabilidad de adicionar HBD al 5.7% al chocolate producido por Alnut Ltda.

Palabras Clave: Anova, chocolate, color, fuerza de fractura, hemoglobina bovina, hierro hemo, satisfacción general.

Effect of the dried bovine hemoglobin addition in the color,force of fracture and overall satisfaction of an heme iron fortified chocolate bar

Abstract

This research work aims to evaluate the effect in color, fracture strength and overall satisfaction of the dried bovine hemoglobin addition (DBH) at the 5.7% to a chocolate bar named "Risitas" produced by Alnut Ltda and to define the work conditions of a universal testing machine TAPlus advanced series, which results are greater repeatability in the determination of chocolate bars fracture strength. In preparing the food product was used a milk chocolate and puffed cereal formulation, marketed by Alnut Ltda. ("Risitas" Alnut, Colombia) to which was added dried bovine hemoglobin (DBH) to the 5.7% with an heme iron content of 2.2 mg / 100g. Was applied an analysis of variance (ANOVA) to the color, fracture strength and overall satisfaction results and to the results of the tuning method for determining fracture strength, was applied the analysis of variance (ANOVA) for 2^k designs with four factors (trigger force, speed, width of the gag bridge and displacement limit). The result was that the addition of heme iron to chocolate "Risitas" significantly influenced it color and strength of fracture. However, the sensory evaluation did not report significant differences in overall satisfaction, the



91

fortified chocolate was sensorially accepted by 98% of 6 to 10 years old children who evaluated it, this result suggests the feasibility of adding DBH to 5.7% to the chocolate produced by Alnut Ltda.

Key Words: Anova, Chocolate, color, fracture strength, bovine hemoglobin, heme iron, overall satisfaction.

Efeito da adição de bovino seco, a força da cor hemoglobina fratura, e satisfação geral de uma barra de chocolate, ferro heme fortificados.

Resumo

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo avaliar o efeito sobre a cor, a resistência à fratura e satisfação geral de adição de hemoglobina bovina seca (HBD) para 5,7% a um nome de barra de chocolate "Giggles" produzidos por Alnut Ltda e definem as condições de trabalho de uma máquina de ensaio universal série TAPlus avançada, o que resulta em uma maior repetibilidade na determinação da resistência à fratura por barras de chocolate. Na preparação de alimentos que utilizada uma formulação do chocolate de leite e cereal tuado, comercializado pela Alnut Ltda ("Giggles" Alnut, Colômbia), ao qual foi adicionado hemoglobina bovina seca (HBD) a 5,7% com um heme teor de ferro de 2,2 mg / 100 g. Uma cor de resultados, resistência à fratura e a satisfação global foi aplicada à análise de variância (ANOVA) e os resultados do método de afinção para a determinação força fratura, foi aplicado para a análise de variância (ANOVA) para dois projetos k com quatro fatores (força gatilho, velocidade, largura da ponte e movimentos da mandíbula limite). O resultado foi que a adição de heme ao chocolate "Risita" influenciar significativamente a cor e resistência à fratura da mesma. Mas avaliação sensorial não relataram diferenças significativas na satisfação global, o chocolate fortificada foi sensorialmente aceitável para 98% das crianças de 6 a 10 anos que avaliou, este resultado sugere a viabilidade de adição de 5,7% para HBD chocolate produzido por Alnut Ltd.

Palavras-chave: Anova, chocolate, cor, resistência à fratura, hemoglobina bovina, ferro heme, satisfação geral.

*Para citar este artículo:Soto Méndez A.,Caballero Pérez LA.,Rivera ME.Efecto de la adición de hemoglobina bovina desecada, en el color, la fuerza de fractura y la satisfacción general de un chocolate en barra, fortificado con hierro hemo. Bistua:Revista de la facultad de Ciencias Basicas.2012.10(1):90-100

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Adriana Soto M. Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad Industrial de Santander.Bucaramanga.Colombia.email:adrianasm1@hotmail.com

Recibido: Julio 30 de 2011 Aceptado: Octubre 15 de 2011

Introducción

La deficiencia de hierro es la principal alteración nutricional y la causa más común de anemia que existe en el mundo (1), especialmente en los países en vías de desarrollo donde las dietas tienen bajo contenido de hierro hemo y alto aporte de hierro no hemo (2). En Colombia el 8 % de los niños, entre 5 y 12 años, sufren de anemia (3).

La adición de hierro a los alimentos constituye un método práctico y eficiente para prevenir la deficiencia del mismo en las comunidades (4). La hemoglobina bovina desecada (HBD), es fuente de hemo y este es mejor absorbido por el intestino humano que el hierro no hemo (5). Se obtiene a partir de glóbulos rojos de sangre, higiénicamente recolectada, de bovinos técnicamente beneficiados, sometidos a inspección oficial ante y post-mortem (6), se ha añadido a alimentos tales como galletas (7-9), bebida instantánea (10), caramelo duro (11), brownie (9) y compota de carne (12), sin embargo, desde el punto de vista tecnológico el intenso color rojo oscuro y su sabor característico a sangre dificultan su uso en alimentos para consumo humano (9,12). Razón por la cual se adiciona a alimentos de color oscuro. Como vehículo para adicionar hierro hemo se seleccionó un chocolate de consumo directo, por ser un alimento que hace parte de la canasta familiar de los colombianos (13) y agrada especialmente a los niños (14).

Según(15-17) las características sensoriales más importantes para evaluar la calidad del chocolate son el sabor, el color, el brillo y la fuerza de fractura. El sabor(18) y la fuerza de fractura (19) son considerados indicadores de calidad fundamentales en la aceptación del chocolate (18). Los métodos instrumentales para medir fuerza de

fractura son rápidos y sencillos y se correlacionan bien con la evaluación sensorial, sin embargo son válidos únicamente para el mismo instrumento y en las mismas condiciones de ensayo (20). En el caso del chocolate en barra, no se encontraron referentes que definieran condiciones para determinar la fuerza de fractura, en una máquina universal de ensayos de columna sencilla TAPlus serie avanzada (Lloyd Instruments AMETEK Inc. Reino Unido), por lo cual fue necesario poner a punto las condiciones para garantizar la mayor repetibilidad del método a utilizar en éste estudio.

El objetivo general de la presente investigación se concentró en la evaluación del efecto de la adición de hemoglobina bovina desecada (HBD) al 5.7%, sobre la fuerza de fractura, el color y la satisfacción general de barras de chocolate, de consumo directo, fortificadas con hierro hemo procedente de HBD.

Materiales y Metodos

Materiales

Como vehículo para adicionar el hierro hemo, se utilizó un chocolate con leche y cereal inflado, comercializado por Alnut Ltda. ("Risitas", Alnut, Bucaramanga, Colombia). Como fortificante se utilizó hemoglobina bovina desecada (HBD) al 5.7%, con un contenido de hierro hemo de 154 mg / 100 g, adquirida en Frigodan Ltda. Bogotá, Colombia (lote GUA 3111), la cual reemplazó la misma cantidad de azúcar en la formulación. El nivel de fortificación de hierro hemo y la cantidad de HBD a utilizar se definió con anterioridad a partir del trabajo realizado por (21). Se elaboraron 25 kilos de chocolate fortificado y 25 kilos de chocolate no fortificados, los cuales se empacaron en barras de 25 g, con un contenido final de hierro hemo de 2,2



mg/25 g para el chocolate fortificado y 0 mg/ 25g para el chocolate no fortificado, posteriormente se almacenaron durante 15 días a temperatura de despensa (25 ± 3 °C).

La forma y las dimensiones de las barras fueron las siguientes: largo 8,5 cm, ancho 2,1 cm y alto 1,4 cm y se presentan en la figura 1.

Para la puesta punto del método para determinar fuerza de fractura se utilizaron barras de chocolate sin fortificar (lote No. 240807).

El cálculo del número de muestras de barras de chocolate necesarias para los análisis, se basó en lo propuesto por (22) para muestreo simple, con un margen de error del 5 %. El tamaño determinado de la muestra fue de 286 chocolates añadidos y 286 no añadidos. La muestra se seleccionó en forma sistemática y se dividió en partes iguales para los diferentes análisis.

Métodos

Evaluación instrumental de fuerza de fractura. Para el análisis de fuerza de fractura, se usó una máquina universal de ensayos de columna sencilla TAPlus serie avanzada (Lloyd Instruments AMETEK Inc. Reino Unido), con un programa informático Nexigen, versión 4.1, una celda de carga de 500 N y un accesorio para flexión en tres puntos (FG/TPB), que consiste en dos soportes horizontales paralelos y un tercer eje del mismo material de los soportes, el cual se desplaza verticalmente ejerciendo una fuerza hasta producir un quiebre en la estructura del producto (figura 2).

Para definir las condiciones de trabajo del equipo se aplicó un diseño experimental factorial 2^4 , aleatorio con 8 repeticiones y 128 ejecuciones, en el cual se tuvieron en cuenta los efectos de 4 factores a dos niveles (alto y bajo): fuerza trigger,

velocidad del cabezal, ancho del puente y límite de desplazamiento de la mordaza en la muestra, Estos parámetros son solicitados por el equipo para realizar ensayos de fuerza de fractura(23), entendida ésta, como la fuerza necesaria para partir un alimento en un puente de flexión, expresada en kg. Los estudios de(19,24) , en barras de chocolate utilizando un equipo Instron, fueron los referentes para determinar los valores de los rangos mínimos y máximos para los 4 factores.

Las muestras, de chocolate en barra, fueron enumeradas al azar, 24 horas antes del ensayo, y almacenadas a temperatura de 20 ± 2 °C. La temperatura a la cual se llevó a cabo el ensayo fue de 21 ± 1 °C.

Una vez establecidas las condiciones de trabajo del TAPlus, se evaluaron 10 barras de chocolate fortificado y 10 barras de no fortificado.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Preparación y Análisis Sensorial de Alimentos de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga. Colombia.

Evaluación instrumental de color. Se utilizó un espectrofotocolorímetro de esfera X-rite serie SP62 y software X-Rite Color® Máster (X. rite, Grandville, Michigan, USA), en donde se analizaron 9 barras de cada chocolate (fortificado y no fortificado). Las lecturas se tomaron en el centro de la cara superior de cada barra de chocolate, la cual se colocó directamente sobre la abertura de medición. Después de calibrado el equipo, para cada barra, se obtuvieron los valores de L , a^* y b^* . Los análisis se efectuaron mediante la metodología



descrita por (25) que consiste en medir los tres parámetros de color a saber: L (claridad, 0 a 100), a (componente de rojo - verde, 60 a - 60) y b (componente amarillo - azul, 60 a - 60), apertura del diámetro 8 mm, plato blanco de referencia, iluminación estándar D65 y observador a 10° . Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de la Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Pamplona. Pamplona. Colombia.

Evaluación sensorial. Se llevó a cabo aplicando una prueba de grado de satisfacción general con escala hedónica gráfica de 3 puntos, me disgusta, ni me disgusta ni me gusta y me gusta (26), aplicada a 50 niños entre los 6 y los 10 años de edad, de ambos géneros, alumnos del Colegio Cajasan de Floridablanca, Santander, Colombia.

La selección de los niños, se realizó mediante la técnica de muestreo de estratificación proporcional(27), donde cada curso fue un estrato. Con la ayuda de los directores de curso, se descartaron los niños no consumidores de chocolate. Luego se procedió a escoger una muestra aleatoria simple e independiente en cada curso. Los padres de los niños elegidos en cada curso, aceptaron que éstos participaran en el estudio, por medio de una carta de consentimiento informado firmada por ellos.

El estudio se llevó a cabo por cursos, a las 10 de la mañana. El orden en que cada niño degustó las muestras se hizo en forma aleatoria. Todos los niños fueron asistidos en el momento de la prueba.

Como enjuagante, entre muestras, se utilizó una tajada pequeña de manzana

verde (± 5 g) y té de limonaria con poco azúcar (15).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en la puesta a punto del método para determinar fuerza de fractura en la máquina de ensayos, se analizaron mediante análisis de varianza para diseños 2^k con cuatro factores (fuerza trigger, velocidad, ancho del puente de la mordaza y límite de desplazamiento). Los efectos principales y de interacción se evaluaron mediante la gráfica de probabilidad normal. Para evaluar los efectos de dispersión, entre las diferentes condiciones de operación del equipo, se tomo como variable de respuesta el coeficiente de variación de la fuerza de fractura.

Para el estudio de los resultados de color, fuerza de fractura y satisfacción general se aplicó el análisis de varianza de un factor (ANOVA), con un nivel de significancia de $p \leq 0,05$ mediante el programa informático Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 13.0. El diseño del experimento y el procesamiento de los resultados de la puesta a punto del método para determinar fuerza de fractura, se realizaron en el programa Desing Expert Trial versión 6.0

Resultados y Discusion

Definición de condiciones de trabajo del equipo TApplus. En la tabla 1 se presentan los coeficientes de variación de la fuerza de fractura, a diferentes condiciones de trabajo de la máquina TApplus. Los resultados indican que el coeficiente de variación, CV, más bajo se da para el tratamiento denotado como (1) que corresponde al experimento con todos los factores en el nivel bajo. Sin embargo, la figura de probabilidad

normal de los efectos (principales y de interacción) en el modelo de Análisis de la Varianza para el coeficiente de variación de la fuerza de fractura del chocolate (figura 3), muestra que el único punto que se aleja de la línea de tendencia es el correspondiente a C (ancho del puente de la mordaza para flexión en tres puntos). Por lo tanto, éste es el único factor que influye de manera significativa sobre el coeficiente de variación de la fuerza de fractura. Debido a esto, el ANOVA se realizó al factor C y dejando los demás factores para la estimación del error aleatorio, según lo recomendado por(28).

Los resultados del ANOVA se muestran en la tabla 2 e indican que el ancho del puente de la mordaza para flexión en tres puntos (C) influye significativamente ($p \leq 0,05$) sobre el coeficiente de variación de la fuerza de fractura del chocolate en barra.

El efecto de C sobre el coeficiente de variación de la fuerza de fractura se aprecia en la figura 4 indicando, al igual que el ANOVA, que el ancho del puente influye sobre el CV de manera significativa y que se obtiene menor variabilidad cuando se trabaja con C en el nivel bajo ($\overline{CV} = 5.8\%$) que cuando se trabaja con C en el nivel alto ($\overline{CV} = 9.6\%$). Por lo tanto, como parámetro para realizar la determinación de fuerza de fractura de chocolate en barra, (para flexión en tres puntos)

se definió un ancho del puente de la mordaza de 4 cm. A estas condiciones de ancho del puente se obtuvo menor variabilidad (mayor repetibilidad) en los resultados.

Las demás variables consideradas en el estudio (fuerza trigger, velocidad de la

prueba y límite de desplazamiento de la mordaza) no influyeron sobre la variabilidad de los resultados y por tanto, resulta indiferente trabajar con ellas en su nivel alto o bajo. Sin embargo, se escogió trabajar con un nivel de velocidad bajo por ser el parámetro de velocidad más utilizado en los estudios de evaluación instrumental de fuerza de fractura de barras de chocolate utilizando máquinas Instron o TA-XTA(15) (29).

Con base en los resultados, las condiciones definidas de operación del TAPlus fueron las siguientes: Ancho del puente de la mordaza 4 cm, límite de desplazamiento 4 mm, fuerza trigger 7 gf y velocidad de la prueba 10 cm/min.

Evaluación de color, fuerza de fractura y satisfacción general. Los resultados obtenidos de los análisis de color, fuerza de fractura y satisfacción general se presentan en la tabla 3.

Color. Estadísticamente (ANOVA de un factor) se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los valores promedios de a^* y de b^* . Los valores promedios de luminosidad L^* no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$) con respecto al chocolate no fortificado.

Los valores medios de los componentes rojo (a^*) y amarillo (b^*) disminuyeron cerca de 3 unidades respecto a los valores medios del chocolate sin fortificar. Indicando este resultado que la fortificación con hierro hemo, procedente de HBD, en la concentración usada (2,2 mg de hierro / porción de 25 g), afecta drásticamente el color del chocolate, lo cual es visualmente apreciable (figura 5). Al contrastar el valor de luminosidad del chocolate fortificado con los valores medios de luminosidad para chocolates



reportados por (18) se observa que la luminosidad del chocolate fortificado se encuentra dentro del rango percibido como excelente ($L^* = 29 - 33$) por panelistas entrenados, de acuerdo con lo reportado por (18) en estudios con chocolate de leche.

El cambio de color del chocolate fortificado puede obedecer a dos aspectos principales: (a) Al color marrón oscuro de la HBD adicionada, intensifica el color rojo-marrón del chocolate al aumentar la concentración de sustancias que generan color en el alimento (6). Según (30), el color de un alimento está directamente relacionado con la concentración de las sustancias que absorben la radiación electromagnética en la región visible del espectro. (b) A las reacciones entre el hierro libre presente en la HBD (hierro no hemo principalmente) y los polifenoles que contiene el chocolate,(18), han sugerido que los polifenoles en el chocolate están implicados en el desarrollo del color oscuro de chocolates fortificados con sales inorgánicas de hierro (31) en estudios con chocolates adicionados con sulfato ferroso y pirofosfato de hierro, encontraron que el hierro en estado de oxidación (férrico Fe^{+++} o ferroso Fe^{++}) permite que se formen complejo de transferencia de carga entre él y los polifenoles presentes en el chocolate, formando complejos que permiten la absorción de nuevas longitudes de onda y la intensificación de la absorción de otras, generando el cambio del color.

Fuerza de fractura. La fuerza requerida para fracturar las barras de chocolate fortificado, fue en promedio 10,6 % mayor que la requerida para fracturar el chocolate no fortificado (tabla 3), indicando que el fortificado tiene una

mayor resistencia a la mordida, lo cual requiere por parte del consumidor, más fuerza para masticar el chocolate fortificado.

Según lo descrito por (32), el aumento en la fuerza de fractura de un chocolate tiene que ver con las características de cristalización del sistema graso. De acuerdo con (33,34), la presencia de proteína afecta la cristalización de los sistemas grasos y según(35) el tamaño de partícula también. En consecuencia el mecanismo por el cual se incrementó la fuerza de fractura en el chocolate fortificado en barra podría ser el siguiente: Por medio de interacciones hidrófobas y de enlaces apolares, las proteínas presentes en la HBD se unen fuertemente a los lípidos del chocolate, este aumento en el número de interacciones aumenta la fuerza de cohesión entre las moléculas de proteína y de grasa y por tanto la fuerza de fractura del chocolate fortificado. Además la presencia de las partículas de HBD, de mayor tamaño (80 micras) que las partículas del chocolate (20 micras), hacen que la grasa en el chocolate fortificado tenga una área superficial menor que cubrir, quedando grasa libre para formar mayor cantidad de cristales, por esto la red cristalina que se obtiene al solidificar la masa del chocolate fortificado es más dura y compacta.

Satisfacción general. Los resultados de la prueba de satisfacción general (tabla 3) indican que no hubo diferencias significativas ($p \geq 0,05$) en la calificación promedio del chocolate fortificado con respecto al no fortificado. Incluso se observa que la calificación media del chocolate fortificado (2,98 sobre 3,0), fue ligeramente superior a la calificación media (2,90 sobre 3,0) del chocolate no

fortificado. Al analizar la frecuencia porcentual de los resultados, se encontró que el 98% (EE \pm 0,038) de los niños evaluaron el chocolate fortificado con la más alta calificación (me gusta) y el 2% lo evaluaron como, ni me gusta, ni me disgusta. La evaluación de sensorial demuestra que la adición de hierro hemo no generó diferencias significativas en el grado de satisfacción general del chocolate. El chocolate fortificado fue sensorialmente aceptado por el 98 % de los niños de 6 a 10 años que lo evaluaron, lo cual indica que el chocolate fortificado con hierro hemo de HBD tuvo una gran aceptación en los niños que evaluaron el producto.

Conclusiones y Recomendaciones

La adición de hemoglobina bovina al 5.7% al chocolate "Risita" en barra, influyó significativamente en el color y en la fuerza de fractura del mismo, generando un cambio de color visiblemente apreciable y una mayor fuerza requerida para fracturarlo. Sin embargo, la evaluación sensorial no reportó diferencias significativas en el grado de satisfacción general; el chocolate fortificado fue sensorialmente aceptado por el 98 % de los niños de 6 a 10 años que lo evaluaron, sugiriendo este resultado, la viabilidad de adicionar HBD al 5,7% al chocolate en barra producido por Alnut Ltda.

Con el propósito de dar continuidad al presente trabajo, se recomienda estimar la vida útil del chocolate fortificado, evaluando cambios de color, fuerza de fractura y satisfacción general, sucedidos en períodos de tiempo superiores a 15 días.

Figura 1. Dimensiones y forma de la barra de chocolate utilizada en la puesta a punto del método para análisis de fuerza de fractura.

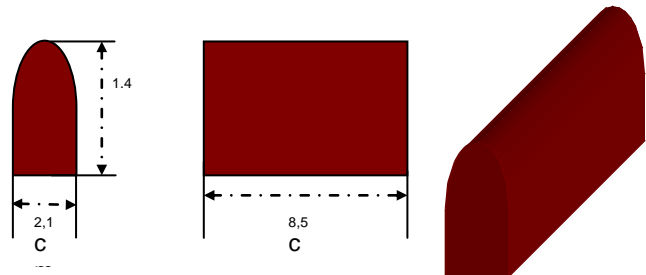


Figura 2. Máquina universal de ensayos de columna sencilla TAPlus serie avanzada (Lloyd Instruments AMETEK Inc. Reino Unido) y accesorio para medir fuerza de fractura de alimentos en barra.



Tabla 1. Coeficientes de variación de fuerza de fractura de chocolate a diferentes condiciones de operación de la máquina universal de ensayos de columna sencilla TAPlus

Corrida	Tratamiento	Factores *				CV** (%)
		A	B	C	D	
1	(1)	-	-	-	-	3,99
2	a	+	-	-	-	8,78
3	b	-	+	-	-	6,77
4	ab	+	+	-	-	6,48
5	c	-	-	+	-	10,81
6	ac	+	-	+	-	6,43
7	bc	-	+	+	-	11,22
8	abc	+	+	+	-	9,96
9	d	-	-	-	+	4,97
10	ad	+	-	-	+	4,28
11	bd	-	+	-	+	6,05
12	abd	+	+	-	+	5,26
13	cd	-	-	+	+	8,09
14	acd	+	-	+	+	6,33
15	bcd	-	+	+	+	12,29
16	abcd	+	+	+	+	11,60

98

Factores*

Bajo(-)

Alto(+)

Unidades

A = Fuerza trigger 7 -10

gf

B = Velocidad 10 -20

cm/min

C = Ancho puente 4-6 cm

D = Límite 4-6 mm

** Coeficiente de variación de 8 observaciones en cada tratamiento

Figura 3. Probabilidad normal de los efectos principales y de interacción, para el CV de la fuerza de fractura de chocolate

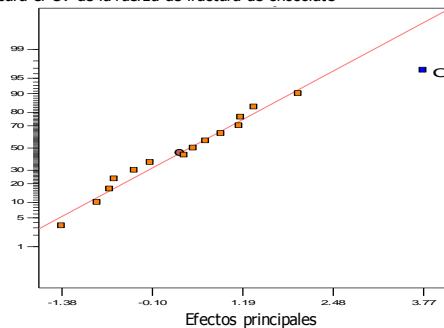


Tabla 2. ANOVA para el coeficiente de variación (CV) de la fuerza de fractura de Chocolate en barra, teniendo en cuenta el factor C (ancho del puente)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Valor p**
CV de la fuerza de fractura *	56,88	1	56,88	14,41	0,002

*Coeficiente de variación de la fuerza de fractura para el factor C (ancho del puente). ** Valor $p \leq 0,05$ es significativamente diferente.

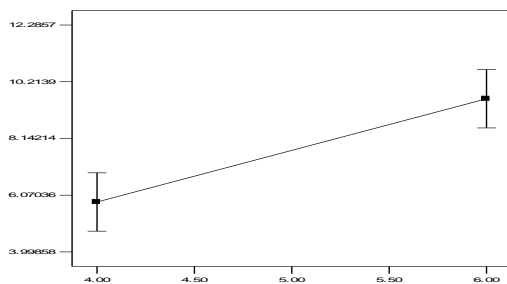


Figura 4. Efecto de C (ancho del puente), sobre el coeficiente de variación de la fuerza de fractura del chocolate

Figura 5 Color del chocolate no fortificado y fortificado con hierro hemo, almacenado durante 15 días a temperatura de despensa (25 ± 3 °C).



Tabla 3. Características de color (CIELAB), de fuerza de fractura y de satisfacción general de chocolate no fortificado y fortificado con hierro hemo, almacenado durante 15 días a temperatura de despensa (25 ± 3 °C).

Característica	Media \pm DE Chocolate no fortificado	Media \pm DE Chocolate fortificado	n	Valor p
L*	29,362 \pm 0,98	30,637 \pm 1,22	9	0,693
a*	7,678 \pm 0,19	4,694 \pm 0,30	9	0,000
b*	7,557 \pm 0,28	4,644 \pm 0,39	9	0,000
Fuerza de fractura (kgf)	4,434 \pm 0,58	4,896 \pm 0,27	10	0,034
Satisfacción general	2,900 \pm 0,30	2,980 \pm 0,14	50	0,094

L* valores medios de luminosidad, a* valores medios de tonalidad de rojo a verde y b* valores medios de tonalidad amarilla a azul. valor $p \leq 0,05$ es significativamente diferente (Prueba Anova de un factor).

Referencias Bibliográficas

1.- OPS. La anemia como centro de atención. Hacia un enfoque integrado para un control eficaz de la anemia. Sesión conjunta de la Asamblea General de las Naciones Unidas y del Fondo de las Naciones Unidas a favor de la Infancia (UNICEF); 2004.

2.-WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Iron Deficiencia Anaemia Assessment, Prevención and Control: A guide for programme managers. Ginebra: OMS; 2001.

3.-Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF, Instituto Nacional de Salud, Ministerio de la Protección Social y la Salud, et al. Resumen ejecutivo Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. ENSIN. 2010:12.

4.-OPS /ILSI/USAID/INADCG. Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos. Guía 99 para América Latina y el Caribe. [Internet] 2002 [marzo 2011]: 2-6. Disponible en: www.paho.org.



5.-Gaitán D, Olivares M, Arredondo M. Biodisponibilidad de hierro en humanos. Rev. chil. nutr. [Internet]. 2006 [Citado 2010 Febrero 22]; 33 (2): 142-148. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182006000200003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0717-7518.

6.- Toldrá M, Dávila E, Saguer E, Fort N, Salvador P, Parés D, Carretero C. Functional and quality characteristics of the red blood cell fraction from biopreserved porcine blood as influenced by high pressure processing. *Meat Science*. [Internet]. 2008 [citado 2010 Abril 2]; 80 (2): 380-388. Disponible en: Web:http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T9G-4RJYVBW1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=16c30c8f9f2061dfe695a2213f0483e2.

7.- Asenjo JA, Amar M, Cartagena N, et al. Use of bovine heme iron concentrate in the fortification of biscuits. *J. Food Sci.* 1985; 50: 795-799.

8.-Nogueira N, Colli C, Cozzolino S. Controle da anemia ferropriva em pré-escolares por meio da fortificação de alimento com concentrado de hemoglobina bovina (estudio preliminar). Cad. Saúde Pública. [online]. 1992 [Citado 2011 marzo 31]; 8 (4): 459-465. Disponible en: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0102-311X1992000400011&lng=pt&nrm=iso

9.- Cardona A, Quintero A. Elaboración de productos alimenticios con adición de hierro hemínico orientados a incrementar la ingesta y biodisponibilidad de este nutriente en la población en edad escolar. Tesis de grado para optar al grado de Nutricionista Dietista. Bogotá, DC. (Colombia). Universidad Nacional de Colombia. 2003: 33- 55.

10.- Gutiérrez S, González A. Utilización de corpúsculos bovinos y porcinos en polvo en productos para regímenes especiales de alimentación. II Taller nacional de hemoderivados y otros productos para la prevención de la anemia férrica. Instituto de investigaciones para la industria alimenticia. La Habana, Cuba. 1997: 34-38.

11.- González, A. Fortificación con hierro hemínico de Caramelo Blando, a partir de corpúsculos de sangre bovina desecada. Tesis de grado (Ingeniería de Alimentos). Bucaramanga. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 2002: 100

12.- Martínez CM, López G, Berrueto GR, et al. Use of Heme Iron Concentrate in the Fortification of Weaning Foods. *J. Agric. Food Chem.* 2000; 48 (7): 2930 -2936.

13.- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE [Internet]. Canasta Familiar. Colombia [Citado 2008 Diciembre 13]. Disponible en: www.dane.gov.co.

14.- Posada M, Pineda V, Agudelo GM. El chocolate un placer saludable. 2ª ed. Medellín: Editorial Marquillas; 2006: 43-45.

15.- Jorge MC. Caracterización de la manteca de cacao cubana y contribución al estudio de la textura del chocolate. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 1999: 154

16.-Smalls I. Electromiography versus Instron texture measurement of confectionery products. *The Manufacturing Confectioner*. 1992; 72 (6): 119-124.

17.-Beckett ST. La ciencia del chocolate. Zaragoza: Editorial Acibia; 2000: 166.

18.- Jonvanka V, Povou R, Jonvanka G. Sensory properties and color measurements of dietary chocolates with different compositions during storage. *Sensors*. 2009; (9): 1997 -2016.

19.- De Hombre J, Jorge MC, Rodríguez; Estudio de correlación sensorial de la textura de barras de chocolate. 1º Coloquio internacional de propiedades físicas de alimentos y calidad. La Habana, Cuba. 1998: 3.

20.- Rosenthal. Textura de los alimentos medida y percepción. Editorial Acibia. 2001.

21.- Soto A, Caballero LA. Evaluación química y microbiológica de un chocolate de consumo directo, adicionado con hierro hemo de hemoglobina bovina desecada. *BISTUA*. 2011; 9 (1): 21 -31



100

22.- Hernández, E. Manual de estadística. Hand book of Statistic. Bucaramanga: Editorial Universidad Cooperativa de Colombia. 2006:131-149.

23.- Quality Control. Manual de Operación del equipo TAPlus. Serie avanzada. 2006:60.

24.- Jorge MC. La textura del chocolate. La Habana: Instituto de investigaciones para la industria alimentaria; 2000: 36.

25.-Yanes M, Duran L, Costell E. Rheological and properties of commercial chocolate milk. *Journal of Food Engineering*.2001; 51: 229-234

26.- Espinosa J. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Universidad de la Habana. La Habana: Editorial Universitaria; 2007: 83-84.

27.- Kinnear T, Taylor J. Investigación de mercados, un enfoque aplicado. 5ª ed. Bogotá D.C: McGraw-Hill; 1998: 450-561.

28.- Montgomery DC. Diseño y análisis de experimentos. México: Limusa Wiley 2003: 111, 244, 249.

29.-Jorge MC, De Hombre R, Rodríguez I. Evaluación de un método instrumental de textura para el control de la calidad de las tabletas de chocolate. *Tecnología e higiene de alimentos*. 1999; 305: 73-76.

30.- Skoog DA, West DM, Holler FJ, Crouch SR. Química Analítica. 7ª ed. México: McGraw-Hill; 2000.

31.- Mellican RI, Li J, Mehansho H, Nielsen S. The Role of Iron and the Factors Affecting Off-Color Development of Polyphenols. *J. Agric. Food Chem*. 2003; 51 (8): 2304–2316.

32.-Jorge MC, Calas I, García Y, De Hombre R, Beltrán C. Incidencia de la tecnología wafa (sistema completo) en las características reológicas y texturales del chocolate. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2007; 17 (1): 14-20.

33.- Cheftel JC, Cuq JL, Lorient D. Proteínas alimentarias. Bioquímica. Propiedades funcionales. Valor nutritivo. Modificaciones químicas. Zaragoza: Editorial Acribia; 1989: 88-89.

34.-Linden G, Lorient D. Bioquímica Agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Zaragoza: Editorial Acribia; 1996. p.232, 235.

35.- Vítová E, Loupancová B, Stoudková H, Macku T, Zemanová J. Effect of fat composition on some physico-chemical parameters and sensorial evaluation of dark chocolate. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2009; 48 (2): 72–79.