

“Efecto del enriquecido y fortificado con hierro y ácido linolénico en el pan blanco”

“Effect of enriched and fortified with iron and linolenic acid in the white bread”

Adaliht J. Arisaca Parillo¹; Victor Choquehuanca Cáceres²; Vladimiro Ibañez Quispe³

¹Consultor de Organismos de Desarrollo Local y Regional, jhonyarisaca@gmail.com

²Docente de Ingeniería Agroindustrial – UNA-Puno,

³Investigador del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos (IIPC), Área de Biometría e Investigador del CONCYTEC. Correspondencia: viq_ibanez@hotmail.com,

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido 30-03-2016
Artículo aceptado 03-06-2016
Online: 25-06-2016

PALABRAS CLAVES:

Ácido linolénico
enriquecido
fortificado
hierro
pan

ARTICLE INFO

Article received 30-03-2016
Article accepted 03-06-2016
Online: 25-06-2016

KEY WORDS:

Linolenic acid
enriched
fortified
iron
bread

RESUMEN

La carencia de hierro (Fe) y ácido linolénico (omega 3) en la dieta diaria de la población, es una de las causas de desnutrición y del incremento de enfermedades cardiovasculares, con la finalidad de evaluar la influencia de la adición de hierro y ácido linolénico de origen vegetal en el pan blanco, para su enriquecido y fortificado en base a los requerimiento nutricionales. Se determinó las características físico-químicas, sensoriales y biológicas en la absorción de hierro y Relación de Eficiencia Proteica (PER). Se formularon 25 tratamientos, utilizando el Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR) para las variables de sustitución de la harina de quinua (2.5 ± 1.12), cañihua (4.0 ± 2.0), maca (2.5 ± 1.12), y linaza (3.5 ± 1.12); la harina de trigo se mantuvo entre 80-95%. Se realizó la prueba afectiva de satisfacción, y evaluados por la prueba estadística de Friedman ($p \leq 0.01$), se seleccionó la muestra T-20 (15.5% de sustitución), por presentar valores significativos elevados en todos los atributos analizados. La muestra T-20 presentó 6.77 mg Fe/100g, 0.71g de ácido linolénico/100g, la absorción de hierro y PER estudiadas in vivo se reportó 3.8 mg Fe/l de sangre y $PER=1.13$, en ambos casos los valores fueron superiores al grupo control (pan blanco) que presentó 0.1 mg Fe/l de sangre y $PER=0.96$. Los resultados encontrados responden al objetivo planteado, siendo las variables estudiadas una fuente de hierro y omega 3, mejorando significativamente las características físico-químicas, sensoriales y biológicas del pan blanco en comparación a los panes comerciales.

ABSTRACT

The deficiency of iron (Fe) and linolenic acid (omega 3) in the daily diet of population, is one of the causes of malnutrition and increased cardiovascular disease, therefore, the aim of the study was to evaluate the influence of the addition iron and linolenic acid in vegetable source on the white bread, for enriched and fortified according to the nutrition requirements. Likewise, the physical and chemical, sensory and biological analysis like iron absorption and Protein Efficiency Ratio (PER) was determined characteristics. For to get a better sample, 25 treatments were made using the formulas of Central Composite Design CCD, with the substitution variables quinoa flour (2.5 ± 1.12), cañihua (4.0 ± 2.0), maca (2.5 ± 1.12), and linseed (3.5 ± 1.12); the wheat flour was kept between 80-95%. Through a hedonic acceptability – sensory analysis and evaluated by the Friedman statistical test ($p \leq 0.01$) the sample T-20 (15.5 substitution) was selected for its high significant values in all attributes analyzed. This sample showed 6.77 mg Fe/100g, 0.71g of linolenic acid/100g. The absorption of iron and PER studied in vivo was reported 3.8 mg Fe/l of blood and $PER=1.13$, in both cases the values were higher than the control group (white bread) that provided 0.1 mg Fe/l of blood and $PER=0.96$. The results correspond to the stated objective, where the variables studied are good source of iron and omega 3, significantly improving the physic-chemical, sensory and biological characteristics of white bread compared to commercial breads.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años, los consumidores y las empresas transformadoras de alimentos han acrecentado cada vez más su preocupación en encontrar alimentos saludables y funcionales, debido al aumento de enfermedades como: las cardiovasculares, cáncer, obesidad, diabetes, entre otros. El Perú, no es ajeno a esta situación, y ha visto el incremento de estas enfermedades, de allí el interés de los consumidores en optar por alimentos funcionales y fortificados, en especial de micronutrientes como el omega 3 (Siró *et al.*, 2008), debido a que los ácidos grasos poliinsaturados, actúan sobre el aparato cardiovascular a través de multitud de vías ejerciendo un efecto protector frente al riesgo cardiovascular, reduciendo la mortalidad cardíaca y la muerte súbita (Piñeiro-Corrales *et al.*, 2013).

Los principales productos en el mundo en ser fortificados con ácido linolénico son el pan, leche, yogurt, pasta, comida infantil, pero en su gran mayoría emplean aceite de pescado como fuente de omega 3, y existen pocos estudios que han informado de las evaluaciones sensoriales de estos productos, que en la mayoría de casos, se detectan un olor y sabor a pescado (Kolanowski y Laufenberg, 2006), asimismo se produce de forma rápida una oxidación por ser de origen animal, generando sabores indeseables (Kolanowski *et al.*, 2007), razón por la cual la linaza ha ganado la atención mundial en la investigación de alimentos, además de presentar bajos niveles en grasas saturadas y elevadas cantidades de grasas poliinsaturadas (ácidos grasos esenciales). Los beneficios para la salud asociados a los ácidos grasos omega 3, han sido extensamente demostrados especialmente en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Astrud *et al.*, 2011; Beltrán, 2010; Riediger *et al.*, 2009).

Por otra parte, a diferencia de los países desarrollados, hay un problema de salud pública en el Perú que aún no ha sido atenuado, estos son, los altos índices de desnutrición infantil (Maguiña y Galán-Rodas, 2011). En la Región Puno, el principal problema es la desnutrición infantil, especialmente la desnutrición crónica, bajo peso al nacer y anemia en niños y mujeres gestantes (Región de Salud Puno, 2001), debido al déficit de hierro en la alimentación

(anemia ferropriva), provocando daños para la salud como: alteraciones conductuales del desarrollo mental, crecimiento, capacidad física, alteraciones de la inmunidad celular, funcionales e histológicas del tubo digestivo, capacidad bactericida de los neutrófilos, susceptibilidad a las infecciones, disminución de la termogénesis, falla en la movilización de la vitamina A hepática, entre otros (Allen, 2000; Peirano *et al.*, 2001). La deficiencia de hierro, se puede prevenir mediante modificaciones en la dieta, fortificación de alimentos y suplementación con hierro medicinal; la forma ideal de prevenir la carencia de hierro es mediante una dieta adecuada (Olivares y Walter, 2003).

Por ello, es necesario, contar con productos nutritivos ricos en hierro y omega 3, y que mejor si provienen de granos andinos, ya que el consumo de hierro es deficiente y el omega 3 no puede ser generado en el organismo por sí mismo; en ese contexto, la quinua, cañihua, maca y linaza, son cultivos de mucho valor y merecen desarrollar más allá de su producción agronómica, quedando un enorme camino para la agroindustria innovadora, por esta razón fue realizado el trabajo para evaluar la influencia de la adición de hierro y ácido linolénico de origen vegetal en el pan blanco, para su enriquecido y fortificado en base a los requerimientos nutricionales y buscar nuevas fórmulas para diseñar alimentos funcionales en mejora de la calidad nutricional y seguridad alimentaria de la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de materia prima

Se utilizó el Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR) para formular 25 mezclas, considerando a las variables de sustitución 5 tipos de harina: Quinua (variedad Blanca de Juli) HQ: 2.5 ± 1.12 , cañihua (Variedad cupi) HC: 4.0 ± 2.0 , maca (Variedad amarilla y morada) HM: 2.5 ± 1.12 y linaza (Variedad café) HL: 3.5 ± 1.12 . El grado de sustitución de la harina de trigo no excedió el 20% debido a su aceptación, según estudios realizados por diferentes autores como Llerena (1973), Ballón *et al.* (1982), Bazán (1984) y Canahua *et al.* (2003).

Análisis sensorial

Prueba afectiva

Para seleccionar la mejor muestra, se realizó una

degustación con jueces de tipo consumidor (30 panelistas), mediante la prueba de medición del grado de satisfacción, utilizando una escala hedónica de 1 a 5 puntos.

Prueba descriptiva

Las 25 muestras fueron evaluadas utilizando la Prueba descriptiva - Calificación por medio de escalas de intervalo. Para ello se emplearon jueces de tipo entrenado, conformado por 11 personas, todos ellos previamente seleccionados y capacitados en la teoría y práctica acerca de la evaluación sensorial (Magnitud o intensidad de los atributos del alimento) descrito por (Anzaldúa-Morales, 1994).

Tabla 1. Escalas de intervalo.

Factores	Propiedades	Escala
Textura	Dureza	1 - 4
	Crocancia	1 - 4
	Elasticidad	1 - 4
	Masticabilidad	1 - 4
Sabor	Salado	1 - 4
	Agrio	1 - 4
	Amargo	1 - 4
	Dulce	1 - 4
Color		1 - 5
Olor		1 - 5
Apariencia general		1 - 5

Determinación de Hierro

La preparación de la muestra y el análisis de hierro se realizó de acuerdo a los procedimientos descritos por la (A.O.A.C, 1994), donde se pesó 0.25g, 0.50g, 0.75g y 10g de muestra, que luego fueron disueltos en agua destilada, enseguida se les añadió 5ml de solución reguladora diluida en agua destilada a unos 25ml y 5ml de clorhidrato de hidroxilamina al 10%. Se esperó 20 minutos, transcurrido el tiempo se le agregó 1ml de solución ortofenantrolina al 1% aforado en 100ml de agua destilada. Después de 15 minutos se leyó la absorbancia frente a blanco reactivo a una longitud de onda de 510 nm en el espectrofotómetro, graficando la absorbancia versus la concentración, utilizando la siguiente fórmula.

$$mg \text{ l Fe} = \frac{\text{Absorbancia} \times \text{factor} \times 100}{\text{Volúmen de la muestra}}$$

Determinación de ácidos grasos

La muestra para el análisis de ácidos grasos se preparó de acuerdo a los procedimientos descritos por la

(A.O.A.C, 2005) Fat total – Saturated and insaturated in foods, y el método empleado para el análisis fue el de composición de ácidos grasos descrito por (ISO 5509, 2000) Animal and vegetable fats and oils – Preparation of methyl esteres of fatty oils / ISO 5508, 1990 Animal and vegetable fats and oils – Analysis by gas chromatography of methyl esteres of fatty acids.

Análisis físico-químico

Se analizó el pH, acidez total, humedad, ceniza, proteína total (Método micro Kjeldahl), grasa total (Método de Soxhlet), fibra cruda, y carbohidratos, todos los análisis se realizaron de acuerdo a los métodos y procedimientos descritos por la (A.O.A.C, 1983).

Evaluación biológica

Para la experimentación *in vivo*, se instaló un bioterio, con una temperatura ambiente entre 22-24°C, con una humedad relativa entre 50-60%. Asimismo, se consideró el espacio, barreras sanitarias, adecuada ventilación y el aislamiento al ruido según lo recomendado por (Pellett y Young, 1980; Muñoz, 1990). Se utilizaron 6 ratas de experimentación (albinas de raza Holtzman), todos machos recién destetados de 23 días de nacidos. Para las pruebas se formaron dos grupos de 3 ratas cada uno, colocándose al azar en jaulas individuales. Al grupo experimental (GE) se le racionó la mejor muestra de pan enriquecido y fortificado (PEF), y al grupo control (GC) pan blanco (PB) común o también denominado “tres esquinas”.

Absorción de Hierro

El estudio duró 28 días, bajo condiciones controladas, se les racionó al GE y GC 15g del alimento en estudio (PEF y PB), conforme transcurrían los días se les incrementó a 20g, en cada bebedero individual se les administró el agua *ad libitum* y para determinar el hierro se utilizó la metodología descrita por (A.O.A.C, 1994).

Relación de eficiencia proteica (PER)

Se determinó siguiendo la metodología y fórmula de Muñoz (1990), en donde se tomó el peso inicial y peso diario de cada animal de experimentación durante 28 días, al inicio de la prueba se les racionó 15g de las muestras en estudio (PEF y PB) después se les incrementó la dieta a 20g; los residuos y el consumo diario del alimento fueron registrados en una ficha para su procesamiento de datos.

$$PER = \frac{\text{Ganancia de peso (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

Análisis Estadístico

Se utilizó el Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR). El número de corridas para el experimento es la formulación de muestras (25 tratamientos)(; ; ;).

$$(1) \quad N = 2^k + 2k + n_c$$

Donde k es el número de variables independientes y n_c es el número de puntos centrales. La codificación de niveles y valores naturales para las variables con la siguiente ecuación (2):

$$(2) \quad X_i = \frac{X_i - X_0}{X_i}$$

Donde X_0 es el valor de X_i en el punto central, y X_i es el paso de cambio. El número de experimentos factoriales, puntos axiales (estrella) y puntos centrales; para el análisis sensorial (prueba afectiva), se utilizó la prueba estadística no paramétrica de análisis de varianza de dos vías de Friedman ($p \leq 0.01$), las diferencias estadísticas significativas, se determinaron mediante comparaciones múltiples entre grupos y condiciones ($\alpha = 0.05$). En relación a la prueba descriptiva se utilizó el Diseño Bloque Completamente al Azar DBCA (25x11), y analizados por una Prueba de Duncan. La diferencia significativa se determinó mediante el análisis de varianza (ANVA) y para determinar la existencia de diferencia significativa entre los grupos experimentales independientes, se usó la prueba estadística de t-Student. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS System (Versión 9 para Windows. SAS Inc. USA, 2002).

RESULTADOS

Análisis sensorial de las muestras

En la Tabla 3, se muestra el análisis sensorial – Calificación por medio de escalas de intervalo (primeras muestras), encontrándose en todas las propiedades de la textura diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) entre jueces y tratamientos. Los

jueces detectaron y calificaron a los tratamientos T-16 y T-8 como el atributo sensorial “bastante duro” en referencia a la propiedad “Textura-dureza”, este resultado se debe a que estas dos muestras, presentan mayor sustitución de harina de quinua y linaza en su formulación; al calificar la cualidad “Textura-Crocancia”, el T-12 y T-16 fueron calificados como “ligeramente crocantes” debido a que estos dos tratamientos fueron sustituidos en mayor proporción por harina de quinua; en relación al atributo “Textura – Elasticidad”, el T-14 y T-1 reportaron “bastante elasticidad”, en ambos casos el porcentaje de sustitución es menor a 13.5%; en la evaluación de la cualidad “Textura-Masticabilidad”, el T-9 y T-2 resaltó el calificativo “bastante”, ya que las dos muestras presentaron 10.25% de sustitución en la mezcla.

En cuanto al “Sabor” el T-1 presentó valores elevados en relación al atributo “salado” y “amargo”, al igual que el T-9 en las características relacionadas al “sabor-agrio” y “dulce”, estos resultados pueden ser relativos, y depende de la cantidad de sal en la formulación y del gusto que pueda tener el consumidor, para esta característica sensorial, con respecto al atributo “agrio” y “amargo”, no se encontró diferencia estadística significativa, debido a que la gran mayoría de jueces coincidió en calificar a los 25 tratamientos como “no se percibe”. En relación al “Color”, se encontró diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), en donde el T-1 y T-23 fueron calificados como “Muy bueno”, debido a que presentaron menor cantidad de harina de cañihua y linaza en su formulación.

El T-6 y T-15 para la característica “Olor” tuvo como resultado mayoritario el calificativo “Olor muy intenso” en ambos casos, se utilizó mayor porcentaje de harina de maca y quinua en su formulación. Finalmente, para la apariencia general, las dos muestras que presentaron mayor aceptación sensorial fueron el T-20 y T-6 en ambos casos con el calificativo “bueno” y “muy bueno”.

Tabla 2. Análisis sensorial – Calificación por medio de escalas de intervalo.

Factores	Propiedades	Tratamiento	P	Nivel de significancia
Textura	Dureza	16	2.727	a
		8	2.545	a b
	Crocancia	12	2.000	a
		16	1.909	a b
	Elasticidad	14	3.000	a
		1	2.909	a b
Masticabilidad	9	3.000	a	
	2	2.909	a b	
Sabor	Salado	1	2.000	a
		22	2.000	a
	Agrio	9	1.090	a
		6	1.090	a
	Amargo	1	1.363	a
		3	1.272	a
	Dulce	9	2.818	a
		8	2.272	b
Color (1-5)	1	4.454	a	
	23	4.363	a b	
Olor (1-5)	6	3.818	a	
	15	3.636	a b	
Apariencia general (1-5)	20	4.363	a	
	6	4.181	a b	

Selección de muestra

De un total de 25 tratamientos, se seleccionó la muestra T-20 por presentar mayor preferencia por parte de los jueces de tipo consumidor (Prueba sensorial – medición del grado de satisfacción), encontrándose diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre las 25 muestras. La muestra escogida presentó 15.5% de sustitución (HQ: 2.5 / HC: 7.0 / HM: 2.5 / HL: 3.5 / HT: 84.50).

Contenido de hierro

Los valores de hierro encontrados en la muestra T-20 (Pan Enriquecido y Fortificado - PEF) fueron 6.7 mg, 6.9 mg y 6.7 mg, no encontrándose diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) entre datos, siendo el promedio 6.77 mg en 100 g de producto (base seca).

Contenido de ácido linolénico

En la Tabla 3, se presenta la composición de ácidos grasos de la muestra T-20, en donde el contenido de ácido linolénico (omega 3) encontrado fue de 8.10469 equivalente a 0.71 g/100g de producto, este valor es nuevo y significativo, a diferencia de los panes comerciales que no reportan datos, según las tablas de composición de alimentos del Ministerio de Salud (Collazos *et al.*, 1996).

Tabla 3. Composición de ácidos grasos.

Componentes	Unidad Cn:m	g/100g de grasa (%)
Ácido Linolénico	18:03	8.10469
Ácido linoleico	18:02	19.45347
Ácido Oleico	18:01	31.72913
Ácido Palmitoleico	16:01	0.40018
Ácido Eicosenoico	20:01	0.22011
Ácido Erúico	22:01	0.14325
Ácido Docosadienoico	22:02	0.07418
Ácido Nervónico	24:01:00	0.10428

Análisis físico-químico en la muestra

Los valores encontrados en el análisis-físico-químico de la muestra T-20 se dan en la Tabla 4, reportando 13.47 % de proteínas, 8.58 % de grasa, 3.08 % de cenizas, 73.21 % de carbohidratos y 423.99 kcal, como los datos más sobresalientes. En cuanto al contenido de grasa la muestra T-20 reporta 8.58 %, superior a los panes comerciales (Tabla 6).

Por otro lado los carbohidratos presentes en el PEF muestran un valor de 73.21% a diferencia del pan de camote con 75.56%, dicha diferencia es debido a la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote en un 30%, superior a la muestra T-20 con una sustitución del 15.5%. Con respecto a las condiciones generales del pan, en cuanto a fibra, humedad, pH y acidez, estos se encuentran dentro de los límites permitidos por las Normas Técnicas Peruanas – ITINTEC 206.003 del INDECOPI.

Tabla 4. Análisis físico-químico de la muestra.

Componentes 100 g de producto (base seca)	R-1	R-2	R-3	P
Humedad (%)	19.78	17.26	20.03	19.02
Materia seca (%)	80.22	82.74	79.97	80.98
Cenizas (%)	3.1	2.98	3.15	3.08
Proteína (%)	13.47	13.47	13.47	13.47
Grasa (%)	8.5	8.4	8.85	8.58
Fibra (%)	1.6	1.67	1.71	1.66
Carbohidratos (%)	73.33	73.48	72.82	73.21
Energía (Kcal/100 g)	423.7	423.45	424.81	423.99
Acidez (%) Exp. H ₂ SO ₄	0.15	0.15	0.15	0.15
pH	6.95	6.9	6.92	6.92

Absorción de hierro y Relación de Eficiencia Proteica (PER)

La comparación entre las dos muestras estudiadas (T-20 PEF y Pan Blanco PB) en cuanto a la absorción de hierro y Relación de eficiencia proteica en la

experimentación in vivo después de 28 días de evaluación, son presentados en la Figura 1.

La absorción de hierro del grupo experimental (GE) reportó 3.8 mg Fe/l de sangre, mayor al grupo control

(GC) que presentó 0.1 mg Fe/l de sangre. La relación de eficiencia proteica reportada por el grupo experimental fue de PER=1.13, éste valor es superior al grupo control con PER=0.96

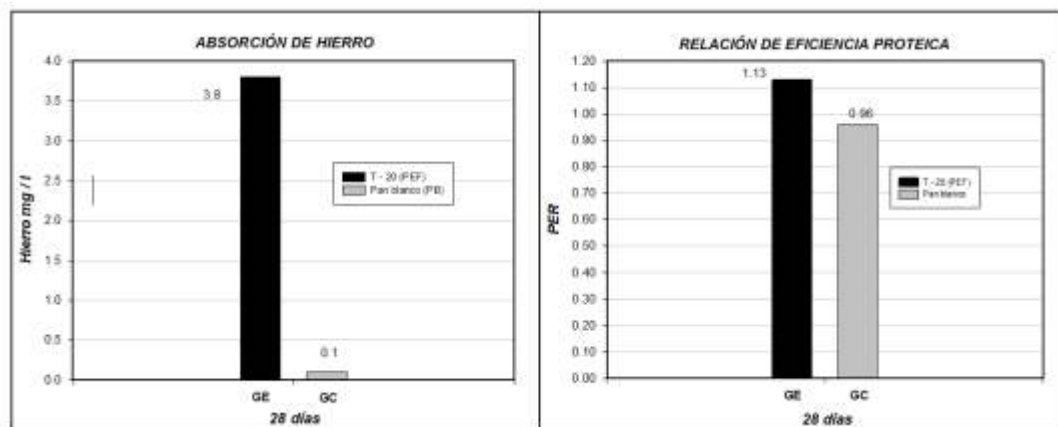


Figura 1: Absorción de hierro y Relación de Eficiencia Proteica de las muestras T-20 (PEF) y Pan blanco (PB)

Tabla 5. Comparación entre panes comerciales y la muestra T-20 (PEF).

COMPONENTES	Muestra	Pan	Papapan	Papapan	Pan de	Pan de	Pan de	Pan	Pan	Pan	Pan	Pan
	T-20 (PEF)	blanco (común) ¹	fortificado ²	La Molina ³	cebada ⁴	labranza ⁵	molde ⁶	frances ⁷	moreno ⁸	integral ⁹	enriquecido con maca y haba ¹⁰	Pan de camote ¹¹
PROTEÍNA (%)	13.47	8.4	9.85	8.62	7.2	9.6	6.8	8.4	8.5	9.2	12.54	11.32
GRASA (%)	8.58	1.9	8.4	8.07	0.2	0.3	2.5	0.2	2	2.5	3.1	7.42
CENIZA (%)	3.08	ND	1.18	1.46	2	1	0.7	1.5	ND	ND	3.58	2.2
CARBOHIDRATOS (%)	73.21	49.3	56.23	55.7	66.2	71.8	69.2	63.8	44.3	41.6	64.71	75.56
FIBRA (%)	1.66	2.7	ND	0.22	2.6	1.2	ND	0.6	4.7	7.1	1.92	1.28
ENERGÍA (Kcal/100 g)	423.99	247.9	339.22	329.91	302	335	332	291	229.2	225.7	336.9	414
HUMEDAD (%)	19.02	ND	25.52	25.93	24.4	17.3	20.8	27	ND	ND	14.15	2.22
MATERIA SECA (%)	80.98	ND	74.48	74.07	75.6	82.7	79.2	73	ND	ND	85.85	ND
HIERRO (mg)	6.77	ND	5.4	ND	6.5	1.6	0.4	1	ND	ND	ND	ND
ÁCIDO LINOLÉNICO	0.71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹ ⁸9 Cauvain y Young (2002). ² UNAP (2007) Reporte del laboratorio de Pastas y harinas. ³ Agronegocios (2008) Investigación del laboratorio de panificación del PIPS en alimentos. ⁴ ⁵ ⁶ ⁷ Collazos *et al.* (1996). ¹⁰ Mamani A., E. (2006). ¹¹ Reynoso, Z. (1991).

DISCUSIONES

Existen alimentos fortificados que en mayor porcentaje, han empleado el aceite de pescado como fuente de omega 3, pero sólo unos pocos estudios han informado de las evaluaciones sensoriales de estos productos, y en la mayoría de casos, se detectó un olor y sabor a pescado (Kolanowski y Laufenberg, 2006), asimismo se produce de forma rápida una oxidación por ser de origen animal, generando sabores indeseables (Kolanowski *et al.*, 2007). Por el contrario, en nuestro estudio al emplear la harina de linaza, cañihua y quinua como fuente de omega 3, no

presentó ningún sabor indeseable, de la misma forma Gallardo *et al.*, (2013) al microencapsular el aceite de linaza mediante secado por pulverización para la aplicación de alimentos funcionales como el pan, obtuvo resultados similares al T-20 en relación a las características sensoriales. El T-20 y T-6, obtuvieron calificativos de “bueno” y “muy bueno”, similar al reportado en la investigación realizada por Costa de Conto *et al.* (2012) que al adicionar microencapsulados de omega 3 al pan blanco, fueron calificados como “me gusta mucho”.

El contenido de hierro encontrado en el pan

enriquecido y fortificado (T-20 PEF) es superior al pan destinado a los programas sociales que tienen como prioridad elevar el contenido de hierro y proteína, reportando 5.4 mg/100g (papapan fortificado); con respecto a los panes comerciales, la mayoría de ellos presenta valores inferiores al T-20, como es el caso del pan de cebada que reportó 6.5 mg, el pan de labranza con 1.6 mg, pan francés con 1.0 mg y el pan de molde con 0.4 mg/ 100g de producto (Collazos *et al.*, 1996). En cuanto a los requerimientos de hierro, el valor reportado es aceptable, ya que varía de acuerdo al grupo poblacional para niños de 4 a 10 años su requerimiento será de 10mg/día (FAO/OMS, 1991), éste valor será superado en el transcurso del día, puesto que no solo consumirá el PEF, sino diferentes alimentos que contendrán hierro en su composición. El aumento en el contenido de hierro del T-20, se debe principalmente a la adición de harinas de cañihua, maca y quinua, ya que constituyen una fuente potencial de éste oligoelemento, además el hierro presente, no se destruye por tratamiento térmico, ni luz, ni valores extremos de pH u otros factores, sólo es afectado por la molienda, ya que los minerales tienden a concentrarse en el salvado y el germen, quedando únicamente el endospermo (Fennema, 2000).

A nivel internacional, existe a la fecha investigaciones relacionadas en evaluar los efectos de la adición de omega 3 microencapsulados en el pan blanco, reportándose 1.56 g de ácido linolénico en el pan (Costa de Conto *et al.*, 2012); por otra parte (Gallardo *et al.*, 2013) al microencapsular el aceite de linaza en el pan, presentó una reducción significativa de omega 3 en 16.3±3.4% debido a las condiciones de manejo, adición de agua y horneado a 220°C, factores que podrían haber acelerado la oxidación de las grasas insaturadas. Asimismo Bermúdez-Aguirre y Barbosa-Cánovas (2011), fortificaron el queso fresco, cheddar y mozzarella con omega 3 proveniente de fuentes vegetales y animales, logrando su retención en 8.69 mg/g en microencapsulado, y 5.08 mg/g de aceite de linaza. En referencia a las recomendaciones de ingestión para ácidos grasos esenciales en especial para el omega 3, el valor encontrado en el PEF, se encuentra por encima de las recomendaciones dadas por (Mahan y Escott-Stump, 1998) con 0.8 a 1.1 mg/día y mayor a 0.2g/día, según el comité científico Asesor en Nutrición (Costa de Conto *et al.*, 2012). El

contenido de ácidos grasos en la muestra T-20, se debe al uso de la harina de cañihua, quinua en su formulación, pero primordialmente al empleo de harina de linaza, ya que el lino tiene un alto contenido de grasa (41g/100g) en sus semillas, ricos en grasas poliinsaturadas (73g /100g) (Bloedon y Szapary, 2004) y aproximadamente el 51 – 55 g/100g de ácidos grasos totales son el ácido linolénico (18:03, ω-3) (Vijaimohan *et al.*, 2006), siendo una fuente vegetal de liderazgo para los ácidos grasos omega 3. En cuanto a la relación de ácidos grasos como el ácido linoléico (18:02, n-6) y el ácido linolénico (18:03, n-3) en la dieta diaria juega un papel importante en el enriquecimiento del ácido linolénico en los tejidos y una mayor conversión de cadena larga de ácidos grasos poliinsaturados, como el ácido el ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) (Lokesh *et al.*, 2008).

Los valores encontrados en el análisis-fisicoquímico de la muestra T-20, son superiores al pan blanco (común) reportado por Cauvain y Young (2002), que presenta en 100 g de muestra 8.4 % de proteínas, 1.9 % de grasa, 49.3 % de carbohidratos, 2.7 % de fibra y 247.9 kcal. En relación al contenido proteico, el T-20 presenta valores superiores al pan francés, integral, molde, moreno, labranza, cebada, entre otros reportados por Collazos *et al.* (1996) e investigaciones realizadas en la Universidad Nacional del Altiplano Puno y la Universidad Nacional Agraria la Molina Lima (papapan fortificado, pan enriquecido con maca y haba, papapan La Molina, y pan de camote) (Tabla 5), esta disimilitud se debe principalmente a la utilización de harinas de cultivos andinos (quinua, cañihua) y foráneos (linaza) en la formulación de la muestra T-20, ya que estas harinas muestran un alto contenido proteico en su composición química. Además la muestra T-20 es superior en contenido de grasa con respecto a los panes comerciales, esta desigualdad se debe fundamentalmente a la inclusión de la harina de linaza en su formulación, ya que tiene un alto contenido de grasa (Bloedon y Szapary, 2004), especialmente los ácidos grasos esenciales (Mahan y Escott-Stump, 2000).

En cuanto a la Absorción de hierro (experimentación *in vivo*) entre el GE y GC, existe una semejanza de valores encontrados, debido a que en el GE, hubo una considerable retención de hierro en sus cuerpos,

reponiendo las pérdidas de su organismo y la que necesita, para cubrir el aumento normal durante su crecimiento (FAO/OMS, 1991), otro factor preponderante para la absorción de hierro fue la composición química de las dietas racionadas, ya que el (T-20 Pan enriquecido y fortificado - PEF) tiene como característica principal el hierro en su composición, en cambio la dieta suministrada al grupo control (Pan blanco - PB), tiene como materia prima predominante la harina de trigo, poseedora de hierro en su composición, pero en mínimas cantidades.

La relación de eficiencia proteica reportada por el GE es superior al GC, la diferencia es en gran parte a la complementación de aminoácidos en la composición proteica del PEF, al haber utilizado cinco tipos de harina en la mezcla, ya que las proteínas del trigo son muy pobres en lisina y ricas en metionina, en cambio la harina de linaza es deficiente en metionina y rica en lisina (Fennema, 2000), otro factor que explica esta disimilitud está referido a la desnaturalización parcial de las proteínas, que suele mejorar la digestibilidad y la disponibilidad biológica de sus aminoácidos esenciales (Fennema, 2000; Muñoz, 1990). Las proteínas de origen vegetal, logran mejorar con el tratamiento térmico, desde el punto de vista nutricional, ya que se inactivan factores antinutritivos como los inhibidores de tripsina, sustancias que se encuentran en las semillas de elevado contenido proteico, como es el caso de la harina de linaza, quinua, cañihua y trigo, mejorando así su digestibilidad (Fennema, 2000). Por otra parte, el PER encontrado en el grupo experimental (T-20 PEF) difiere significativamente respecto al valor de la caseína de la leche con PER=2.54 mencionado por la (FAO, 1992), de la misma forma con el valor encontrado por (Mamani, 2006) en el enriquecido de pan utilizando como materia prima las harinas de trigo, maca y haba con PER=2.23, pero es superior al pan sustituido con harina de tarwi con PER=1.04 reportado por (Cutipa, 2014), asimismo, respecto a la harina de trigo y harina de maca que presentaron un PER=0.31 y 0.58 respectivamente (Muñoz, 1990; Vilchez, 2001) por el contrario no se conoce aún datos de la harina de linaza fuente importante de proteínas.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la investigación, mostraron que el enriquecido y fortificado con hierro

y omega 3 a partir de una fuente vegetal, presenta efectos sobre la mayoría de las características sensoriales (textura, color, olor, apariencia general), físico-químicas, y biológicas del pan blanco; demostrando que es posible incluir en la formulación del pan, cantidades significativas de harina de quinua, cañihua, maca y linaza hasta un 15.5% de sustitución, sin presentar rechazo sensorial (Prueba afectiva); mejorando notoriamente las cualidades nutritivas y cumpliendo con los requerimientos nutricionales, en comparación a los panes comerciales y aquellos destinados a los programas sociales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agronegocios. 2008. "Papapan con sustitución parcial de harina de trigo por papá de papa de la variedad chancan" N° 3: 23-27. UNALM Lima, Perú.
- Allen, L. H. (2000). Anemia and iron deficiency: Effects on pregnancy outcome. *Am Journal Clinic Nutrition*. 71,12805-12845.
- Anzaldúa-Morales, A. (1994) *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. España: Editorial Acirbia, S.A.
- Association of Official Analytical Chemist A.O.A.C. (2005). *Fat total – Saturated and insaturated in foods*. ISO 5509 / ISO 5508. EUA. AOAC Internacional.
- Association of Official Analytical Chemist A.O.A.C. (1994). *Official methods of the Association for Analytical Chemists*. EUA. AOAC Internacional.
- Association of Official Analytical Chemist A.O.A.C. (1983). *Official methods of the Association for Analytical Chemists*. EUA. AOAC Internacional.
- Astrup, A.; Dyerberg, J.; Elwood, P.; Hermansen, K.; Hu, F. B. y M. U. Jakobsen (2011). The role of reducing intakes of saturated fat in the prevention of cardiovascular disease: Where does the evidence stand in 2010? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93(4), 684-688.
- Bazán M., A. R. (1984). "Sustitución de harina de trigo por harina andina". Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

- Beltrán, R. -R. (2010). Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: A review. *Innovative Food Science*, 11(1), 1-12.
- Bermúdez-Aguirre, D. y G. V. Barbosa-Cánovas (2011). Quality of selected cheeses fortified with vegetable and animal sources of omega-3. *LWT – Food Science and technology*. 44, 1577-1584.
- Bloedon, L. T. y P. O. Szapary (2004). Flaxseed and cardiovascular risk Nutrition. *Nutrition Reviews*. 62 (1), 18-27.
- Canahua, A.; Valdivia, R.; Mujica, A. y M. Hallasi. (2003). *Beneficios nutritivos y formas de consumo de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Perú CARE Oficina Regional Puno / UNA-Puno/CIRMA/IPGR/IFAD.
- Cauvain, S. P. y L. S. Young (2002). *Fabricación de pan*. España: Editorial Acibria, S.A.
- Collazos Ch., C.; Alvistur J., E.; Vásquez G., J.; Quiroz M., A.; Herrera A., N.; Robles G., N.; Arias V., M.; Viñas T., E.; Urquieta A., R.; Días T., C.; Roca N., A.; Faching R., A.; Hernández F., E.; White, P. L.; Bradfield, R. B.; White, H. S. y M. D. Hegsted. (1996). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Perú: Ministerio de Salud. 7a. Edición.
- Costa de Conto, L.; Porto O., R. S.; Pereira M., L. G.; Chang, Y. y C. Joy S. (2012). Effects of the addition of microencapsulated omega-3 and Rosemary extract on the technological and sensory quality of White pan bread. *LWT – Food Science and Technology*. 45, 103-109.
- FAO/OMS (1991). *Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B12. Informe de una consulta mixta FAO/OMS de expertos*. Roma, Italia.
- Fennema, O. R. (2000). *Química de los alimentos*. España: Editorial Acibria. 2a. Edición.
- Gallardo, G.; Guida, L.; Martínez, V.; López, M. C.; Bernhardt, D.; Blasco, R.; Pedroza-Islas, R. y L. G. Hermida (2013). Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. *Food Research International*. 52, 473-482.
- Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. México DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Indecopi (1976). *Norma Técnica Peruana PAN, pan francés y pan tolete*: Perú: ITINTEC 206.003 febrero 1976.
- Kolanowski, W. y G. Laufenberg (2006). Enrichment of food products with poly-unsaturated fatty acids by fish oil addition. *European Food Research and Technology*, 222, 472-477.
- Kolanowski, W.; Jaworska, D.; Weißbrodt, J. y B. Kunz (2007). Sensory assessment of microencapsulated fish oil powder. *Journal of the American Oil Chemists society*, 84, 37-45.
- Kuehl, R. O. (2001). Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación, 2.
- Lokesh, B. R.; Diwakar, B. T.; Dutta, P. K. y K. A. Naidu (2008) Bio-availability and metabolism of n3 fatty acid rich garden cress (*Lepidium sativum*) seed oil in albino rats. *Prostaglandins*. 78, 123-130.
- Llerena M., E. H. (1973). “Ensayo de panificación con harinas de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)” Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Maguiña C. y E. Galán-Rodas (2011). Situación de la salud en el Perú: la agenda pendiente. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 28 (3).
- Mahan, K. L. y S. Escott-Stump (2000). *Nutrición y Dietoterapia de Krause*. México: Mc Graw-Hill Interamericana. 10a. Edición.
- Mahan, K. L. y S. Escott-Stump (1998). *Nutrición y Dietoterapia de Krause*. México: Mc Graw-Hill Interamericana. 9a. Edición.
- Mamani A., E. (2006) “Enriquecimiento del pan con sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*), por harina de maca (*Lepidium meyenii* Walpers) y harina de haba (*Vicia faba*)”. Tesis Ing. Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agrarias -Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2009). *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments* (Vol. 705): John Wiley & Sons.
- Muñoz L., A. M. (1990). *Alimentación y nutrición*. Perú: UNALMLima.
- MONTGOMERY, D. (2004). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Noriega: John Wiley y Sons. Mexico.
- Montgomery, D. C. (2008). Design and analysis of experiments: John Wiley & Sons.

- Olivares M. G. y Walter K., T. (2003). Consecuencias de la deficiencia de hierro. *Revista Chilena de Nutrición*. Vol. 30, N°3. Visita 13 febrero de 2014 en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182003000300002
- Peirano, P.; Algarín, C.; Garrido, M.; Roncagliolo, M. y B. Lozoff (2001). *Interaction of iron deficiency anemia and neurofunctions in cognitive development*. En: Fernstrom JD, Uauy, eds Nutrition and brain. Nestlé Nutrition Workshop Series Clinics and performance Program. Nestec Ltda Vevy/S Kager AG, Basel.
- Pellett, P. L. y V. R. Young (1980). *Evaluación nutricional de alimentos proteínicos*. USA: Universidad de las Naciones Unidas.
- Piñero-Corrales, G.; Lago R., N. y J. M. Culebras-Fernández (2013). Papel de los ácidos grasos omega-3 en la prevención de enfermedades cardiovasculares. *Nutrición hospitalaria*. Vol. 28, N°1. Visita 13 febrero de 2014 en <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v28n1/01revisio n01.pdf>
- Región de Salud Puno (2001). *Análisis de la situación de salud del departamento de Puno 2001*. Perú: DIRESA Puno.
- Riediger, N. D.; Othman, R.A.; Suh, M. y M. H. Moghadasian (2009). A systemic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(4), 668-679.
- Siró, I.; Kápolna, E.; Kápolna, B. y A. Lugasi (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. *Appetite*. 51, 456-467
- Vijaimohan, K.; Jainu, M.; Sabitha, K. E.; Subramaniam, S.; Anandhan, C. y C. S. Shyamala D. (2006). Beneficial effects of alpha linolenic acid rich flaxseed oil on growth performance and hepatic cholesterol metabolism in high fat diet fed rats. *Life Sciences*. 79(5), 448-454.
- Vilchez B., J. P. (2001). *El cultivo de la Maca y su consumo*. Perú: Concytec.