

Propiedades nutricionales de pastas elaboradas con harina de amaranto

Martínez C.S.^{1,2}, Ribotta P.D.¹, León A.E.^{1,2}

1: ICYTAC, Universidad Nacional de Córdoba – CONICET

2: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba

cmartinez@agro.unc.edu.ar

Resumen: Con el propósito de mejorar las propiedades nutricionales y funcionales de las pastas elaboradas con harina de trigo pan, se prepararon pastas con 15, 30, 40 y 50% p/p de harina de amaranto integral (HAI), (A15, A30, A40 y A50, respectivamente), sobre las cuales se determinó: digestibilidad *in vitro* de proteínas y de almidón, estimación del índice glucémico y contenido de escualeno. Los valores de digestibilidad encontrados en las pastas demostraron que las proteínas incorporadas por la HAI podrían ser asimiladas por el tracto gastrointestinal. A pesar del esperado efecto negativo sobre la estructura de la pasta ejercido por la HAI, se encontró que todas las muestras mantuvieron la propiedad de ser alimentos de bajo índice glucémico. Todos los niveles de sustitución con HAI presentaron un enriquecimiento significativo del contenido de escualeno, a tal punto que, una porción de A30 puede aportar mayor cantidad de escualeno del que se consume en todo un día, en una dieta occidental tipo; favoreciendo así la ingesta de este triterpeno de demostradas propiedades beneficiosas. Es por ello que se proponen a las pastas elaboradas con harina de amaranto como parte de una dieta saludable.

Palabras Claves: pastas, harina de amaranto, digestibilidad de proteínas, digestibilidad de almidón, índice glucémico, escualeno.

Abstract: In order to improve nutritional and functional properties of pasta, bread wheat flour was substituted with wholemeal amaranth flour (HAI) at 15, 30, 40 and 50% w/w, (A15, A30, A40 and A50, respectively). Nutritional parameters such as protein and carbohydrate digestibility and glycemic index were determined in modified pasta. In addition, squalene content was also measured, in view of the beneficial health properties that have been attributed to this compound. The values of protein digestibility found in pasta made HAI showed that proteins could be assimilated by gastrointestinal tract. Furthermore, despite the negative effect on the pasta structure exerted by HAI, it was found that all pasta samples retained the property of being low-glycemic foods. All pasta made with HAI showed a significant enrichment of squalene content, to the extent that, a portion of A30 can provide greater amount of squalene of which is consumed in a day, in a Western diet; thus favouring the intake of this triterpene of well known beneficial properties. So that, pasta made with amaranth flour can be proposed as part of a healthy diet.

Key words: pasta, wholemeal amaranth flour, protein digestibility, carbohydrate digestibility, glycemic index, squalene.

INTRODUCCIÓN

Las pastas alimenticias son productos que se consumen en todo el mundo y se caracterizan por ser un alimento tradicional y de gran aceptación debido a su conveniencia y palatabilidad (Petitot *et al.* 2009). En los últimos años las pastas se han vuelto más atractivas por sus propiedades nutricionales ya que se trata de un producto de bajo índice glucémico (Brand-Miller *et al.* 2009) y con escaso aporte de grasa y de sodio (Ovando-Martinez *et al.* 2009). Pero al igual que la mayoría de las proteínas de los alimentos, las proteínas de la pasta deben ser complementadas con otras fuentes de alimentos. La pasta presenta cantidades limitadas de dos aminoácidos esenciales: lisina y treonina (Rayas-Duarte *et al.* 1996). Además, puesto que la pasta se elabora básicamente con sémola de *Triticum durum* o harina de *Triticum aestivum*, agua y sal, carece de otros nutrientes esenciales, tales como fibra dietética, vitaminas y minerales, los que se pierden durante la obtención de la sémola o refinamiento de la harina. Numerosas investigaciones (Marconi y Carcea 2001, Gallegos-Infante *et al.* 2010, Chillo *et al.*

2011, Baiano *et al.* 2011) se han realizado con el propósito de mejorar las propiedades nutricionales de las pastas a través de la incorporación de materias primas no tradicionales.

El amaranto es un cultivo andino que se caracteriza por ser de alto valor nutritivo (Plate y Areas 2002). Presenta un contenido de proteínas de 16%, el cual en general es superior a aquellos encontrados en los cereales comunes, sumado a que éstas poseen características únicas debido a que su balance de aminoácidos está cercano al óptimo requerido para la nutrición humana (Nimbalkar *et al.* 2012, Castel *et al.* 2012). El contenido de lisina es especialmente alto, por lo que resulta ideal para complementar a cereales como el maíz, el arroz y el trigo (Plucknett *et al.* 1984). Asimismo, el amaranto presenta un contenido de fibra dietética entre 9 y 16% y una cantidad de lípidos comprendida entre 3,1 y 11,5% (Tosi *et al.* 2001). El aceite del grano de amaranto contiene cantidades significativas de escualeno (8%), al cual se le atribuyen importantes efectos beneficiosos para la salud (Kaur *et al.* 2010). Se ha demostrado que el escualeno puede actuar como un agente anticancerígeno (Das *et al.* 2003, Warleta *et al.* 2010), que presenta propiedades hipocolesterolémicas (Shin *et al.* 2004), efectos antihipertensivos (Pogojeva *et al.* 2006) y actividad cardio-protectora (Sabeena Farvin *et al.* 2004).

En base a las propiedades nutricionales y funcionales que posee el amaranto, se proponen como objetivos del trabajo: 1) elaborar pastas utilizando harina de amaranto como materia prima alternativa, a fin de mejorar el perfil nutricional de las muestras, e incorporarle elementos con demostradas propiedades funcionales, 2) evaluar el efecto de la incorporación de la harina de amaranto sobre la digestibilidad de proteínas y del almidón 3) corroborar que el agregado de harina de amaranto no comprometa el índice glucémico bajo, propio de las pastas.

MATERIALES Y MÉTODOS

MUESTRAS

Las harinas utilizadas fueron: harina de trigo pan (*Triticum aestivum* L.), (HTP), (Molino Tiranti, Argentina) y harina de amaranto (*A. mantegazzianus*, variedad comercial Pass cv Don Juan Inta Anguil, La Pampa, Argentina) integral (HAI), obtenida a partir de la molienda de granos crudos enteros, por medio de un martillo Fritsch Pulverisette 16 (Alemania) y luego tamizada (tamizador Zony Test MR, Argentina) por malla de 590 μm de apertura.

Las pastas fueron preparadas a partir de la sustitución de la HTP, por HAI en un 15, 30, 40 y 50% p/p, resultando A15, A30, A40, A50, respectivamente. Además se preparó una muestra solo con HTP, a la que se consideró como muestra control (Co). Tanto para cada nivel de sustitución, como para la muestra control, se elaboraron tres lotes diferentes a partir de 50 g de la mezcla de las harinas, una cantidad de agua óptima determinada experimentalmente y 500 mg de NaCl. Las hebras de ≈ 2 mm de ancho fueron secadas hasta $10 \pm 1\%$ p/p de humedad. Las pastas se cocinaron hasta alcanzar sus tiempos óptimos de cocción (TOC) de acuerdo a AACC 66-50 Cooking Time (AACC 2000), siendo estos 8, 7, 5, 5 y 4 min, para Co, A15, A30, A40 y A50, respectivamente.

MÉTODOS DE ENSAYO

ANÁLISIS QUÍMICO

La determinación de humedad, proteínas, cenizas, materia grasa y fibra dietética de las harinas fueron realizadas de acuerdo a AACC 44-19, 46-13, 08-01, 30-25 y 32-05 (AACC 2000), respectivamente.

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LAS PROTEÍNAS

La digestibilidad de las proteínas se realizó de acuerdo al método de Hamaker *et al.* (1987) con ligeras modificaciones. Para simular la masticación, 600 mg de pasta cocida fueron disgregados en un tubo Falcon de 50 mL, con un émbolo de un homogeneizador manual para tejidos (Cole Parmer EW-44468-18, Estados Unidos), durante 1 min, con el agregado de 2 mL de agua destilada. Previo a añadir 30 mL de buffer fosfato 0,1M, pH 2,0, se adicionaron 9 mL de una solución conteniendo 52,5 mg de pepsina (Sigma P-7000). La muestra fue incubada en un baño a 37 °C (Vikinf Dufnoff 5002, Argentina), y luego de 2 h, la digestión fue detenida por el agregado de 2 mL de NaOH 2M (Cicarelli 893214). De la muestra digerida, se tomó una alícuota de 1 mL, la que fue centrifugada a 14,000 x g durante 10 min a 25 °C. La determinación de proteínas se realizó sobre una fracción de ensayo de 200 μL del sobrenadante, a través del método de Lowry (Waterborg 2009), midiendo la absorbancia a 550 nm (Espectrofotómetro Spectrum SP 2000, China). Para la cuantificación se utilizó una solución madre de

albúmina sérica bovina (Sigma 85040C) de 2,08 mg/mL, con la cual se prepararon por dilución, soluciones de 104, 208, 520, 1040 y 2080 µg/mL y por medio de un análisis de regresión lineal se determinó la concentración de las proteínas digeridas de las muestras.

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DEL ALMIDÓN Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE GLUCÉMICO

Se realizó de acuerdo a Brennan *et al.* (2004) con algunas modificaciones. La masticación de las muestras fue simulada a partir de 1,7 g de pastas secas, previamente cocidas hasta sus TOC, con 5 mL de buffer fosfato pH 6,9, de igual manera que lo descrito para digestibilidad de proteínas. Luego, se enjuagó el embolo con 15 mL de buffer fosfato pH 6,9, se llevó la muestra a pH 1,5 con HCl 8M, y se agregó una solución de pepsina 115 U/mL (Sigma Aldrich P7000). La digestión se realizó en un baño con agitación (Vikinf Dufnoff 5002, Argentina) a 37 °C. Alcanzados los 30 min, las muestras fueron llevadas a pH 6,9 con NaOH y a volumen de 50 mL con buffer fosfato pH 6,9. Luego de homogeneizar la muestra, por duplicado, se tomaron alícuotas de 1 mL, las que fueron consideradas como blanco (tiempo 0 min). Sobre los 48 mL restantes, se agregó 1 mL de α -amilasa 110 U/mL (Sigma 058K1053) y se volvió a incubar a 37 °C durante 3 h, tomando cada 30 min por duplicado, alícuotas de 0,50 mL; de modo que se obtuvieron muestras al tiempo 0, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 min. La reacción enzimática fue detenida por inmersión en un baño de agua en ebullición durante 5 min y las muestras se conservaron a -20°C para la posterior determinación de maltosa con ácido dinitro-salicílico DNS (Sigma D0550). La concentración de maltosa medida en las muestras fue convertida a almidón multiplicando por 0,9. La cantidad de almidón hidrolizado fue expresado como porcentaje del almidón total a los diferentes tiempos. A partir de estos valores, se construyeron curvas de hidrólisis, cuyas áreas fueron calculadas de acuerdo a Goñi *et al.* (1997) como: $C=C_{\infty}(1-e^{-kt})$; en donde C: porcentaje de hidrólisis al tiempo t, C_{∞} : concentración en equilibrio del almidón hidrolizado después de 180 min, k: constante cinética y t: tiempo seleccionado. Los valores experimentales obtenidos para cada muestra, fueron ajustados a la ecuación de manera de obtener k y C_{∞} , y con la ecuación resultante se realizaron nuevas curvas teóricas, las que fueron integradas para calcular el área bajo la curva (AUC) entre 0 y 180 min. La relación entre los valores de AUC de las pastas y el valor de AUC de un alimento de referencia (en este caso pan blanco, preparado con la misma harina de trigo de las pastas) fue definida como Índice de Hidrólisis (IH), a partir del cual se estimó el índice glucémico según: $IG=39,71 + (0,549 \times IH)$, (Goñi *et al.* 1997).

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL ESCUALENO

Para la determinación de escualeno, la materia grasa (extraída con hexano) de las muestras previamente cocidas y liofilizadas, fue sometida a una extracción en fase sólida con un cartucho de sílica (SPE Si1000 mg/6mL Teknokroma, España). El extracto resultante, recuperado con la mezcla de solventes utilizada como fase móvil, fue analizado en un HPLC (Shimadzu®, Japón) operado a través del software LC solution V1.22-SP1, Shimadzu®. Se utilizó una columna C18, Microsorb-MV100, 5 µ, 150 x 4,6 mm, Varian® (Estados Unidos), mantenida a 26 °C. El solvente de elución fue acetonitrilo:2-propanol:hexano, 72:17:11 (grado HPLC), a una velocidad de flujo de 1 mL/min y el volumen de inyección fue 20 µL. La detección del compuesto fue realizada a 205 nm. Para la identificación y cuantificación se utilizó un estándar de escualeno (S3626 Sigma-Aldrich). La identificación se hizo por comparación de espectros y evaluación de la pureza del pico, mientras que la cuantificación se realizó por estándar externo y un análisis de regresión lineal.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los ensayos fueron realizados al menos por duplicado y los resultados han sido expresados como la media de los replicados \pm desviación estándar. El análisis estadístico se realizó mediante el software InfoStat. Las herramientas estadísticas empleadas fueron ANOVA, comparación de LSD Fisher y de DGC.

RESULTADOS

ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS HARINAS

En la **Tabla 1** se puede observar que la HAI presentó mayores valores de proteínas, de cenizas, de materia grasa y de fibra dietética que la HTP. En particular, el contenido de la materia grasa de la HAI resultó prácticamente un orden de magnitud mayor que el de la HTP.

Tabla 1: Proteínas, cenizas, materia grasa y fibra dietética de las harinas

| Harina | Proteínas % p/p | Cenizas % p/p | Materia Grasa % p/p | Fibra Dietética % p/p |
|----------|--------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| Trigo | 12,2 ± 0,1 a | 0,76 ± 0,03 a | 0,9 ± 0,2 a | 3,7 ± 0,1 a |
| Amaranto | 17,5 ± 0,1 b | 3,33 ± 0,05 b | 7,8 ± 0,1 b | 12,2 ± 0,5 b |

Valores expresados en base seca. Letras distintas, dentro de una columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), de acuerdo al test LSD Fisher.

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LAS PROTEÍNAS

Cuando se trata de estimar la calidad de las proteínas de un alimento, uno de los primeros factores a ser evaluados es su digestibilidad, siendo la determinación *in vitro* una alternativa válida para su estimación (Hur et al. 2011). La digestibilidad de las proteínas de las pastas elaboradas con HAI resultó significativamente mayor para todos los niveles de sustitución respecto a lo observado para Co (**Tabla 3**).

Tabla 3: Digestibilidad de proteínas de las pastas elaboradas con harina de amaranto

| Muestra | Digestibilidad Proteínas, % ¹ | Proteínas, % p/p |
|---------|--|------------------|
| Co | 76,1 ± 3,7 a | 4,3 ± 0,0 a |
| A15 | 89,7 ± 6,9 b | 4,7 ± 0,1 b |
| A30 | 89,7 ± 1,8 b | 5,3 ± 0,1 c |
| A40 | 84,7 ± 4,2 b | 5,3 ± 0,0 c |
| A50 | 84,9 ± 5,7 b | 5,3 ± 0,0 c |

¹ Porcentaje respecto del total de proteínas presentes en la pasta cocida lista para el consumo. Letras distintas, dentro de una columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), de acuerdo al test de DGC.

A15, A30, A40 and A50: pasta elaborada con 15, 30, 40 y 50% (p/p) de harina de amaranto, respectivamente. Co: muestra control.

Mientras que Co presentó un valor de digestibilidad de proteínas de 76,1% p/p respecto al total de proteínas presentes en la pasta cocida, las muestras elaboradas con harina de amaranto mostraron valores comprendidos entre 84,7 y 89,7% p/p, comparables a aquellos obtenidos por Nur Herken *et al.* (2006) y Rayas-Duarte *et al.* (1996) en macarrones de sémola de trigo candeal y en espaguetis sustituidos con harina de amaranto, respectivamente.

El mayor porcentaje de digestibilidad de proteínas *in vitro* encontrado en las pastas elaboradas con harina de amaranto, se puede explicar por el mayor grado de disgregación que sufrieron las muestras durante el proceso de simulación de la masticación realizado en el ensayo. El debilitamiento de la estructura de estas pastas por la incorporación de HAI, harina carente de gluten y además con grandes placas de tegumento responsables de provocar una marcada discontinuidad en la red proteica, facilitó el acceso de la proteasa encargada de hidrolizar las proteínas presentes en las pastas.

Además de la estructura y conformación de las proteínas, se han identificado en el amaranto factores antinutricionales tales como compuestos fenólicos, inhibidores de tripsina y citoaglutininas (Silva-Sanchez *et al.* 2004). Teniendo en cuenta que la harina utilizada en este trabajo fue preparada a partir de granos crudos, se podría esperar un efecto negativo sobre la digestibilidad. Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos, se considera que el proceso de cocción de las pastas fue suficiente como para inactivar los factores antinutricionales que pudieron estar presentes en las muestras; que de hecho fueron descriptos como termolábiles por Gamel *et al.* (2006).

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DEL ALMIDÓN E ÍNDICE GLUCÉMICO

A partir de las curvas de hidrólisis (**Figura 1**) se encontró que el almidón hidrolizado de la muestra de pan fue muy superior al de las pastas durante todo el tiempo del ensayo. Si bien los porcentajes de hidrólisis aumentaron rápidamente para todas las muestras hasta los 30 min, luego, la hidrólisis de las pastas fue mucho menos pronunciada, aunque sostenida hasta los 180 min evaluados, a diferencia de la muestra de pan, para la cual,

superado los 90 min, la curva se asemejó a una meseta. Esta marcada diferencia corroboró que la accesibilidad de las enzimas a una estructura compacta como la de las pastas retarda el tiempo de hidrólisis (Sung y Stone 2005, Kim *et al.* 2008). De acuerdo a Giacco *et al.* (2001) el pan presenta una estructura de gran porosidad debido al entrapamiento de las burbujas de gas que se expanden durante la cocción, lo que produce un incremento de la superficie expuesta a la actividad enzimática.

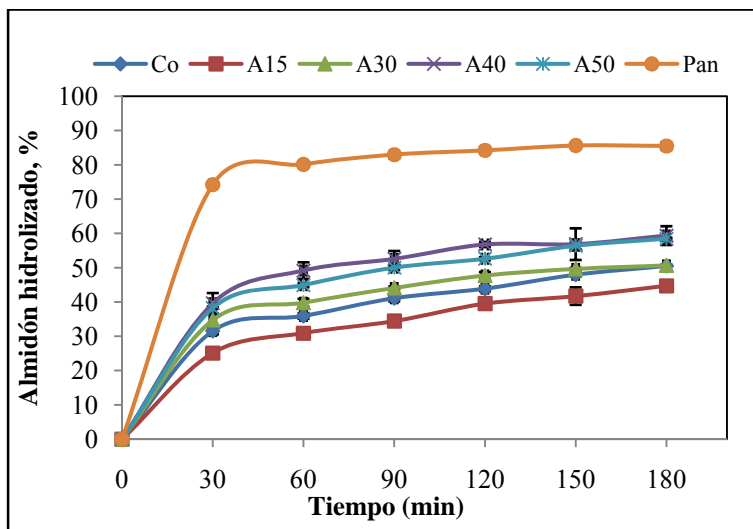


Figura 1: Porcentaje de almidón hidrolizado respecto al almidón total de las pastas cocidas elaboradas con harina de amaranto. A15, A30, A40 y A50: pasta elaborada con 15, 30, 40 y 50% (p/p) de harina de amaranto, respectivamente. Co: muestra control.

En la **Tabla 2** se muestran los índices de hidrólisis de las muestras analizadas. Los mayores IH correspondieron a las muestras A40 y A50, mientras que los valores más bajos lo presentaron A15, seguido por Co. Las diferencias encontradas en los IH se pueden explicar por la competencia de dos factores: los TOC y el debilitamiento de la estructura de la pasta dado por la incorporación de la HAI. A menores TOC, como el de A15, el tiempo que tuvo el agua para difundir hacia la pasta fue menor; hubo menos absorción de agua (resultados no mostrados), se redujo la posibilidad de gelatinización del almidón y en consecuencia la acción de las enzimas hidrolíticas se vio afectada. Pero a mayores niveles de sustitución, el progresivo debilitamiento de la estructura de la pasta prevaleció sobre el efecto de los tiempos de cocción, favoreciendo así la actividad enzimática.

De acuerdo a Schakel *et al.* (2008), los alimentos pueden ser clasificados como de bajo, medio y alto índice glucémico, de modo que: IG bajo ≤ 79 ; IG moderado entre 80 y 99 e IG alto ≥ 100 , si se considera al pan como alimento de referencia. En este sentido, a partir de los IG estimados, todas las muestras de pastas se clasificaron como de bajo índice glucémico (**Tabla 2**).

Tabla 2: Índice de hidrólisis (IH), Índice glucémico (IG) y clasificación según el IG estimado de las pastas cocidas elaboradas con harina de amaranto

| Muestra | IH ¹ | IG ² | Clasificación (vs.pan) |
|---------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Co | 50,2 ± 0,8 b | 67 ± 1 b | IG Bajo |
| A15 | 43,1 ± 1,8 a | 64 ± 1 a | IG Bajo |
| A30 | 53,6 ± 1,5 c | 69 ± 1 b | IG Bajo |
| A40 | 63,3 ± 2,6 d | 74 ± 2 c | IG Bajo |
| A50 | 60,3 ± 0,5 d | 73 ± 0 c | IG Bajo |
| Pan | 100 | 95 ± 1 d | IG Alto |

¹ IH= Área bajo la curva (AUC) de la pasta / AUC del pan tomada entre 0 y 180 min, utilizando la ecuación $C=C_0(1-e^{-kt})$ para graficar dichas curvas y luego integrarlas.² IG: calculado como $IG= 39,71 + (0,549 \times IH)$. Test de LSD Fisher; letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). A15, A30, A40 y A50: pasta elaborada con 15, 30, 40 y 50% (p/p) de harina de amaranto, respectivamente. Co: muestra control.

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL ESCUALENO

IDENTIFICACIÓN

La identificación del escualeno se realizó por la similitud en los tiempos de retención de la corrida cromatográfica, por comparación de los espectros de absorción (PDA-UV) en el rango de 190 nm a 400 nm y por evaluación de la pureza de los picos.

El tiempo de retención que presentó el escualeno, bajo de las condiciones de ensayo, fue de 9,9 min (**Figura 2**).

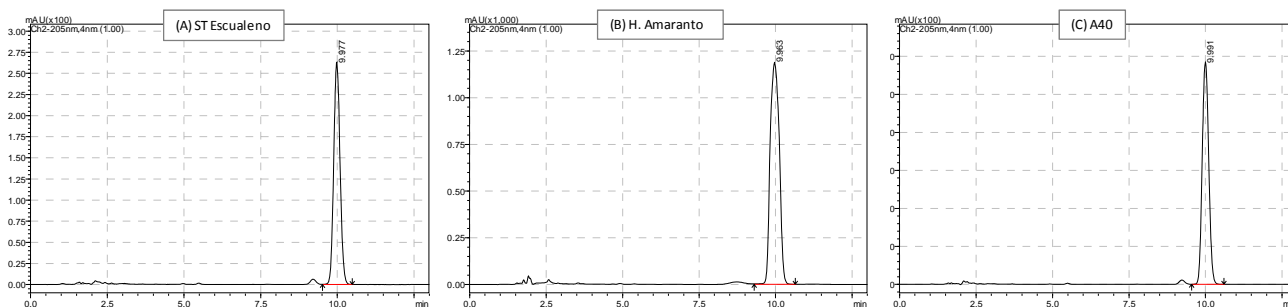


Figura 2: Perfil cromatográfico del escualeno, (A) solución estándar de escualeno, (B) harina de amaranto, (C) pasta elaborada con 40 g de harina de amaranto/100 g de harina.

En la comparación de los espectros de absorción, obtenidos para el escualeno recuperado de las muestras y del escualeno utilizado como referencia, se encontró que en todos los casos, estos presentaron un mínimo de absorbancia a 199 nm y un máximo a 205 nm (**Figura 3**). En cuanto a la pureza del pico, se observó que el pico considerado como escualeno no coeluyó con ningún compuesto interferente y que mostró coincidencias en la forma y el tiempo de retención a las diferentes longitudes de onda evaluadas. Esto se corroboró con el índice de pureza de pico obtenido de 100% (**Figura 4**).

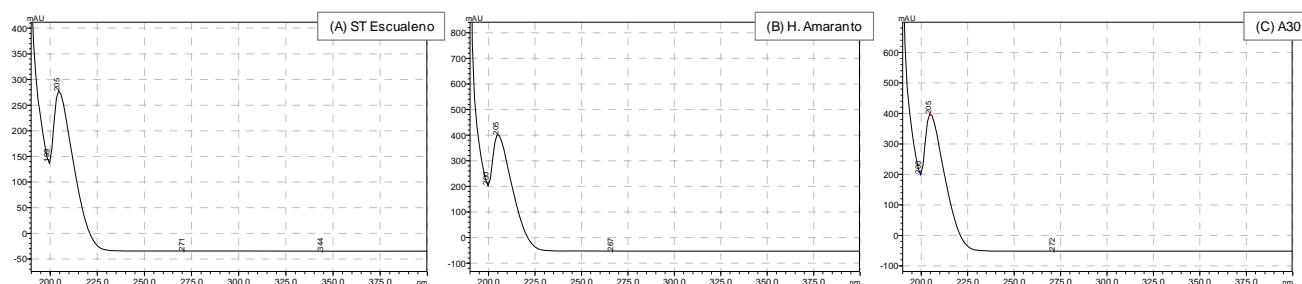


Figura 3: Espectros de absorción entre 190 nm y 400 nm, (A) solución estándar de escualeno, (B) harina de amaranto, (C) pasta sustituida con 30 g de harina de amaranto /100 g de harina.

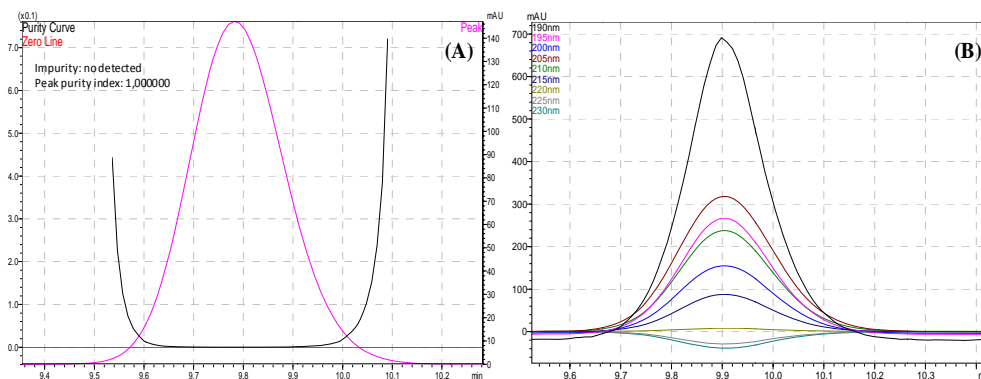


Figura 4: (A) Evaluación de la pureza de pico, (B) superposición del perfil de los picos a diferentes longitudes de onda.

CUANTIFICACIÓN

Para la cuantificación del escualeno en las harinas y en las pastas, se realizó un análisis de regresión lineal con las áreas de los picos obtenidos a partir de soluciones de diferente concentración, preparadas con el patrón de escualeno, resultando la ecuación: $\text{Área} = 65877 \times (\mu\text{g/mL}) + 575094$.

La cantidad de aceite encontrado en HAI, en base seca, fue $7,8 \pm 0,1$ g/100 g, mientras que la cantidad de escualeno fue $4,56 \pm 0,14$ g/100 g de aceite presente en la harina; lo que equivale a $0,35 \pm 0,01$ g/100 g de harina. Los resultados obtenidos fueron consistentes con trabajos previos (León-Camacho *et al.* 2001, Berganza *et al.* 2003)

La cantidad de escualeno encontrada en las pastas cocidas varió desde 15 mg/100 g para A15, hasta 68 mg/100 g para A50; encontrándose diferencias significativas para todos los niveles de sustitución ensayados (**Figura 5**).

La importancia de la presencia de escualeno en las pastas, radica en los efectos beneficiosos sobre la salud que se le han demostrado a este compuesto.

La ingesta promedio de escualeno en la población de Estados Unidos es 30 mg/persona, mientras que en la dieta mediterránea su consumo alcanza 200–400 mg, presentado estos últimos una menor incidencia de diferentes tipos de cáncer. En efecto, los efectos antitumorales del escualeno en la carcinogénesis han sido inequívocamente establecidos (Kopicová y Vavreinová 2007). Además, Sabeena Farvin *et al.* (2004), en un trabajo realizado en ratas, demostró que una administración de 2% p/p de escualeno en la dieta, ejerció un efecto cardio-protector al reducir el daño oxidativo en la membrana del miocardio. En el mismo sentido, Shin *et al.* (2004), encontraron efectos hipolipidémicos e hipocolesterolémicos al administrando en ratas, escualeno proveniente de granos de amaranto, en una dosis de 200 mg/kg.

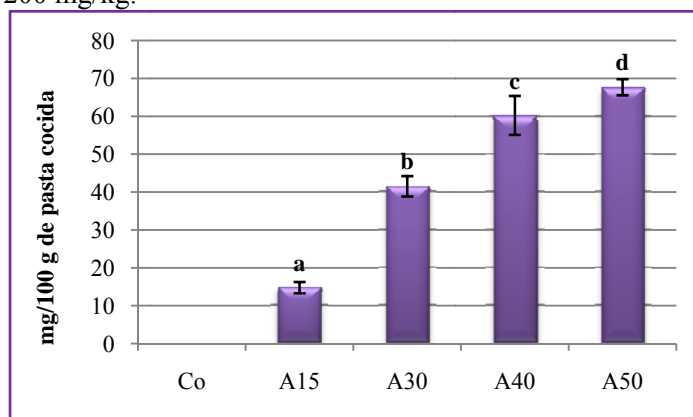


Figura 5: Contenido de escualeno en las pastas cocidas elaboradas con harina de amaranto, mg/100g. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) de acuerdo a LDS Fisher. A15, A30, A40 Y A50: pasta elaborada con 15, 30, 40 y 50% (p/p) de harina de amaranto, respectivamente. Co: muestra control.

CONCLUSIONES

El objetivo de utilizar harina de amaranto en la elaboración de las pastas fue mejorar el perfil nutricional e incorporarle compuestos con propiedades funcionales. La digestibilidad de proteínas medida en las pastas elaboradas con harina de amaranto, corroboró que no solo las proteínas están en mayor cantidad sino que también estas pueden ser aprovechadas por el tracto gastrointestinal.

Al ser una harina carente de gluten e integral (con grandes placas de tegumento), era esperable un efecto negativo sobre la estructura de la pasta. Si se considera que el bajo índice glucémico de las pastas, propiedad funcional con demostrados efectos beneficiosos sobre la salud, se fundamenta justamente en la estructura compacta de éstas, era imprescindible comprobar entonces que las pastas elaboradas con harina de amaranto no hubieran perdido esa propiedad. Los valores de digestibilidad de almidón y de los índices glucémicos estimados, revalidaron la clasificación de alimentos de bajo índice glucémico en todas las muestras sustituidas con harina de amaranto.

De acuerdo al contenido de escualeno cuantificado en las pastas elaboradas con harina de amaranto, una porción de pastas (80 g de pastas secas) sustituida con 30 g de harina de amaranto /100 g de harina, aportaría mayor cantidad de escualeno del que se consume en todo un día en una dieta occidental tipo; favoreciendo así el consumo de este triterpeno de demostradas propiedades antitumorales, cardioprotectoras, hipolipidémicas e hipocolesterolémicas.

Si se consideran los beneficios de salud asociados a los alimentos de bajo índice glucémico, el aumento del contenido de proteínas que puedan a su vez pueden ser asimiladas por el organismo y la incorporación del escualeno de demostrados efectos funcionales, es que se proponen a las pastas elaboradas con harina de amaranto como parte de una dieta saludable.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC. American Association of Cereal Chemistry. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. USA.
- Baiano A, Lamacchia C, Fares C, Terracone C, La Notte E. 2011. Cooking behavior and acceptability of composite pasta made of semolina and toasted or partially defatted soy flour. *LWT - Food Science and Technology*, 44: 1226-1232.
- Berganza BE, Moran AW, Rodriguez MG, Coto NM, *et al.* 2003. Effect of variety and location on the total fat, fatty acids and squalene content of amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58: 1–6.
- Brand-Miller JC, Stockmann K, Atkinson F, Petocz P, Denyer G. 2009. Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis of a database of more than 1000 foods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89: 97–105.
- Brennan CS, Kuri V, Tudoricâ CM. 2004. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*, 86: 189–193.
- Castel V, Andricha O, Netto FM, Santiago LG, Carrara CR. 2012. Comparison between isoelectric precipitation and ultrafiltration processes to obtain *Amaranth mantegazzianus* protein concentrates at pilot plant scale. *Journal of Food Engineering*, 112: 288–295.
- Chillo S, Ranawana DV, Henry CJK. 2011. Effect of two barley β -glucan concentrates on in vitro glycaemic impact and cooking quality of spaghetti. *LWT - Food Science and Technology*, 44: 940-948.
- Das B, Yeger H, Baruchel H, Freedman MH, Koren G, Baruchel S. 2003. In vitro cytoprotective activity of squalene on a bone marrow versus neuroblastoma model of cisplatin-induced toxicity: implications in cancer chemotherapy. *European Journal of Cancer*, 39 : 2556–2565.
- Gallegos-Infante JA, Rocha-Guzman NE, Gonzalez-Laredo RF, Ochoa-Martínez L.A., *et al.* 2010. Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 119:1544–1549.
- Gamel TH, Linssen JP, Mesallam AS, Damir AA, Shekib LA. 2006. Seed treatments affect functional and antinutritional properties of amaranth flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 1095–1102.
- Giacco R, Brighenti F, Parillo M, Capuano M, Ciardullo AV, *et al.* 2001. Characteristics of some wheat-based foods of the Italian diet in relation to their influence on postprandial glucose metabolism in patients with type 2 diabetes. *British Journal of Nutrition*, 85: 33-40.

- Goñi I, Garcia-Alonso A, Saura-Calixto F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*, 17: 427-437.
- Hamaker BR, Kirleis AW, Butler LG, Axtell JD, Mertz ET. 1987. Improving the in vitro protein digestibility of sorghum with reducing agents. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 84: 626-628.
- Hur SJ, Limb BO, Decker EA, McClements DJ. 2011. *In vitro* human digestion models for food applications. *Food Chemistry*, 125: 1–12.
- Kaur S, Singh N, Rana JC. 2010. *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* germplasm: Characteristics of plants, grain and flours. *Food Chemistry*, 123: 1227–1234.
- Kim EHJ, Petrie JR, Motoi L, Morgenstern MP, Sutton KH, Mishra S, Simmons LD. 2008. Effect of structural and physicochemical characteristics of the protein matrix in pasta on in vitro starch digestibility. *Food Biophysics*, 3: 229–234.
- Kopicová Z, Vavreinová S. 2007. Occurrence of squalene and cholesterol in various species of Czech freshwater fish. *Czech Journal of Food Sciences*, 25: 195–201.
- León-Camacho M, García-González DL, Aparicio R. 2001. A detailed and comprehensive study of Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) oil fatty profile. *European Food Research and Technology*, 213: 349–355.
- Marconi E, Carce M. 2001. Pasta from non traditional materials. *Cereal Food World*, 46: 522–530.
- Nimbalkar MS, Pai SR, Pawar NV, Oulkar D, Dixit GB. 2012. Free amino acid profiling in grain Amaranth using LC–MS/MS. *Food Chemistry*, 134: 2565–2569.
- Nur Herken E, İbanoğlu Ş, Öner MD, İbanoğlu E. 2006. The in vitro protein digestibility, microbiological quality and gelatinization behavior of macaroni as affected by cowpea flour addition. *Food Chemistry*, 98: 664–669.
- Ovando-Martinez M, Sáyago-Ayerdi S, Agama-Acevedo E, Goñi I, Bello-Pérez LA. 2009. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chemistry*, 113: 121–126.
- Plate AYA, Areas JAG. 2002. Cholesterol-lowering effect of extruded Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. *Food Chemistry*, 76: 1–6.
- Petitot M, Abecassis J, Micard V. 2009. Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. *Trends in Food Science & Technology*, 20: 521-532.
- Plucknett DL, Blasé MG, Campbell TA, Feine L, Flores Merino HE, *et al.* 1984. Grain Amaranths; en Ruskin FR editor, *Amaranth modern prospects for ancient crop*. National Academy Press, Washington DC. Pág. 27-38.
- Pogojeva AV, Gono KV, Kulakova SN, Miroshnichenko LA, Martirosyan DM. 2006. Effect of amaranth oil on lipid profile of patients with cardiovascular diseases; en Martirosyan DM editor, *Functional Foods for Chronic Diseases. The modern day cure without the side effects of traditional treatments*. D&A Inc. USA. Pág. 35.
- Rayas-Duarte P, Mock CM, Satterlee LD. 1996. Quality of spaghetti containing Buckwheat, Amaranth, and Lupine flours. *Cereal Chemistry*, 73: 381-387.
- Sabena Farvin KH, Anandana R, Hair Senthil Kumara S, *et al.* 2004. Effect of squalene on tissue defense system in isoproterenol-induced myocardial infarction in rats. *Pharmacological Research*, 50: 231–236.
- Schakel S, Schauer R, Himes J, Harnack L, Van Heel N. 2008. Development of a glycemic index database for dietary assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: S50–S55.
- Silva-Sanchez C, González-Castañeda J, De León-Rodríguez A, Barba De La Rosa AP. 2004. Functional and Rheological Properties of Amaranth Albumins Extracted from two Mexican Varieties. *Plant Foods for Human Nutrition* 59: 169–174.
- Shin D, Heo H, Lee Y, Kim H. 2004. Amaranth squalene reduces serum and liver lipid levels in rats fed a cholesterol diet. *British Journal of Biomedical Science*, 61: 11-14.
- Sung WC, Stone M. 2005. Microstructural studies of pasta and starch pasta. *Journal of Marine Science and Technology*, 13: 83-88.
- Tosi EA, Ré E, Lucero H, Masciarelli R. 2001. Dietary fiber obtained amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by differential milling. *Food Chemistry*, 73:441-443.
- Warleta F, Campos M, Allouche Y, Sánchez-Quesada C, *et al.* 2010. Squalene protects against oxidative DNA damage in MCF10A human mammary epithelial cells but not in MCF7 and MDA-MB-231 human breast cancer cells. *Food and Chemical Toxicology*, 48:1092–1100.

Waterborg JH. 2009. The Lowry method for protein quantitation; en Walker JM editor. The protein protocols handbook I. Springer Protocols Handbooks. Humana Press Inc. USA. Pág. 7-10.