

## INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA, HUMEDAD Y TEMPERATURA EN EL GRADO DE GELATINIZACIÓN DURANTE EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE MACA (*Lepidium meyenii* Walp)

Luz M. Vilchez Túpac<sup>a\*</sup>, Américo Guevara Pérez<sup>b</sup>, Christian R. Encina Zelada<sup>c</sup>

### RESUMEN

Se trabajó con maca procedente de la meseta del Bombón – Junín, que al ser evaluada reportó el siguiente contenido químico-proximal (porcentaje en base seca): proteína 14,61, grasa 0,90, fibra 5,85, ceniza 4,97 y carbohidratos 79,53. Fueron 20 los tratamientos sometidos a extrusión, obteniendo mejores resultados al trabajar con un tamaño de partícula comprendido entre 0,17 a 0,20 cm, 12% de humedad, temperatura de inicio de extrusión 100°C, rotación del tornillo 254 r.p.m. (velocidad baja) y un dado de 2 orificios de 3mm de diámetro, obteniéndose un grado de gelatinización del 86,93%. La evaluación estadística indicó la influencia significativa del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante la extrusión. La composición químico-proximal del producto extruido (porcentaje en base seca) fue: proteína 13,43, grasa 0,28, fibra 5,64, ceniza 5,36 y carbohidratos 80,93.

**Palabras clave:** Maca, *Lepidium meyenii* Walp, extrusión, granulometría, gelatinización.

## INFLUENCE OF PARTICLE SIZE, MOISTURE AND TEMPERATURE ON GELATINIZATION DEGREE DURING THE EXTRUSION OF MACA (*Lepidium meyenii* Walp)

### ABSTRACT

The maca collected in La Meseta del Bombon - Junin, was analyzed, so, the physicochemical composition (percentage in dry base) was: protein 14,61; fat 0,9, fiber 5,85, ash 4,97 and carbohydrates 79,53. There have been 20 treatments of maca extruded, and the best result has been obtained when we work with: particle size of maca from 0,17 to 0,20 cm, moisture 12%, extrusion temperature 100°C, maintaining screw rotation speed of 254 r.p.m. (low speed) and a die with 2 holes of 3mm at the end of the extruder, obtaining 86,93% gelatinization degree. The statistical evaluation showed the significance influence of particle size, moisture and temperature in the gelatinization degree along the extrusion process. The physicochemical composition of the maca extruded (percentage in dry base) was: protein 13,43, fat 0,28, fiber 5,64, ash 5,36 and carbohydrates 80,93.

**Key words:** Maca, *Lepidium meyenii* Walp, extrusion, granulometry, gelatinization.

---

<sup>a\*</sup> Ingeniero en Industrias Alimentarias, Jefe de Práctica del Dpto. de Tecnología de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina.  
luzvilchezt@gmail.com

<sup>b</sup> Profesor Principal del Dpto. de Tecnología de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.

<sup>c</sup> Profesor Auxiliar del Dpto. de Tecnología de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.

## INTRODUCCIÓN

La maca conocida también como maino, maca-maca, ayak willku, es una planta nativa de la sierra central de los andes peruanos, fue domesticada hace más de 2 000 años atrás en Junín<sup>1</sup> y en la última década ha sido revalorada por sus propiedades tanto funcionales como nutritivas; tal es así, que su producción aumentó significativamente en un 601,98 tn. en el año 2009<sup>2</sup>. Es una planta herbácea anual que crece a más de 3500 m.s.n.m. y tolera factores climáticos muy adversos como fuerte exposición al sol, sequías, granizadas y bajas temperaturas<sup>3</sup>, catalogándola como una planta muy resistente. El interés de esta materia prima radica en los beneficios que se obtiene al consumirla<sup>3,4,5</sup>:

- En forma natural, concentra gran cantidad de nutrientes: proteínas, vitaminas, fósforo y minerales.
- Es un importante suplemento alimenticio y reconstituyente del organismo.
- El alto contenido de calcio ayuda al crecimiento y formación ósea del cuerpo humano.
- La presencia notoria del fósforo coadyuva a la lucidez mental y capacidad intelectual.
- La presencia significativa del hierro evita y combate la anemia.
- Resulta ser un excelente complemento dietético para deportistas de alto rendimiento.
- Es un gran desestresante por su alto contenido de vitaminas del complejo “B”.
- Mejora notoriamente la fertilidad en ambos sexos, resultando ser un regulador hormonal maravilloso, superándose totalmente los efectos negativos de la menopausia y andropausia.
- Es un reservorio de compuestos metabólicos y metabolitos secundarios (alcaloides, flavonoides, antocianinas, terpenoides o esteroides, dextrinas, glucosinatos, etc.) con posible actividad terapéutica.
- Posee en su proteína todos los aminoácidos esenciales para el ser humano, por lo que resulta ser un alimento natural incomparable.

Por lo antes expuesto, se hace impostergable ampliar los estudios tecnológicos condicionados en aumentar la gama de productos que derivan de esta importante materia prima. Justamente, una de estas tecnologías es la extrusión, la cual se ha ido renovando a lo largo de los años, por ser un proceso que mejora la biodisponibilidad de los nutrientes a través de la gelatinización y dextrinización del almidón con la aplicación de altas temperaturas, elevada compresión e intenso esfuerzo cortante (cizalla) durante un tiempo corto resultando ser un método poco agresivo frente a otros tratamientos térmicos que reducen significativamente los contenidos proteicos y vitamínicos<sup>6</sup>.

Teniendo en cuenta las consideraciones antes expuestas se realizó el trabajo de investigación con el objetivo de determinar la influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii* Walp).

## PARTE EXPERIMENTAL

### Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en la Planta Piloto de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, laboratorios de Ingeniería, Biotecnología y Físicoquímica, pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias, laboratorios de Química de la Facultad de Ciencias y en la Planta Piloto de Cereales y Panificación del Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA); pertenecientes a la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### Materia prima, materiales y equipos

Se trabajó con maca orgánica seca (mezcla de ecotipos), proveniente de la meseta del

Bombón - Junín. Fue seleccionada, clasificada y luego caracterizada mediante un análisis proximal.

Los principales equipos utilizados fueron:

- Tamizador vibratorio. Marca ROTAP<sup>®</sup>, Ruetschi, El Motoren, tipo KBF/SN, con tamices de acero inoxidable N°7, 10, 12 y 14.
- Espectrofotómetro. Marca UNICO<sup>®</sup>. Modelo UV2100 S/N 080624.
- Extrusor de alimentos de bajo costo. Modelo vietnamita. Tipo: DF5-322-03. Entrada: 1/3 AC 230V; 50/60 Hz; 5,8/3,4 A; Salida: 3AC O/Ue; 2,6 A; 0,5/360 Hz; Motor: 0.37 kw (230v). El equipo se operó de la siguiente manera: se encendió la resistencia eléctrica para calentar el extrusor hasta las temperaturas definidas para el proceso y se habilitó el flujo de agua; paralelo a ello se adicionó el alimento acondicionado al tanque. Una vez que el calentamiento llegó a la temperatura determinada, se apagó la resistencia con la finalidad de que la temperatura se mantuviese sólo por fricción interna. Se accionó la rotación del tornillo del extrusor a una velocidad baja (254,5 r.p.m.) y luego el tornillo de alimentación a una velocidad de 14,3 r.p.m.; se separó los primeros 100 gramos obtenidos y luego se recibieron los extruidos en recipientes de acero inoxidable.
- Molino de martillo fijo de 4 cuchillos giratorios de acero inoxidable. Marca FITZ MILL, código N° DAS 06, serie N° 8.

### Métodos de análisis

**Análisis químico.** Químico proximal: Humedad (método 44-19), proteínas (método 46-13), grasa (método 30-25), ceniza (método 08-01), fibra (método 32-10) y carbohidratos (por diferencia) según la metodología<sup>7</sup>. Grado de gelatinización de almidón<sup>8</sup>.

**Análisis granulométrico.** La determinación del tamaño de partícula se realizó en un tamizador vibratorio (ROTAP<sup>®</sup>), el cual contenía una serie de tamices dispuestos de acuerdo a la abertura de malla de la mayor a la fina de arriba hacia abajo. Se colocó 100 g de muestra y se sometió a vibración durante 7 minutos; al término se pesó las partículas retenidas en cada uno de los tamices.

### Metodología experimental

**Análisis químico proximal:** La materia prima fue caracterizada química y proximalmente.

**Acondicionamiento de la maca:** La maca fue triturada y tamizada en un tamizador vibratorio (ROTAP). Los tamaños de partícula de interés fueron los correspondientes a los tamices N° 14 y N° 12 que equivalen a tamaños de partícula de 0,14 cm - 0,17 cm y 0,17 cm - 0,20 cm, respectivamente; la necesidad del estudio de estos dos tamaños de partícula fueron determinados experimentalmente.

Seguidamente, la humectación de la maca se realizó: primero determinando el porcentaje de humedad en la maca tamizada y luego se hizo un ajuste agregando la suficiente cantidad de agua hasta obtener 12 y 14% de humedad. El balance se realizó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$m_{\text{agua}} = m_1 \times \frac{(h_2 - h_1)}{(100 - h_2)}$$

Donde:

$m_1$ : Masa inicial del producto

$m_{\text{agua}}$ : Masa de agua a añadir

$h_1$ : Humedad inicial del producto

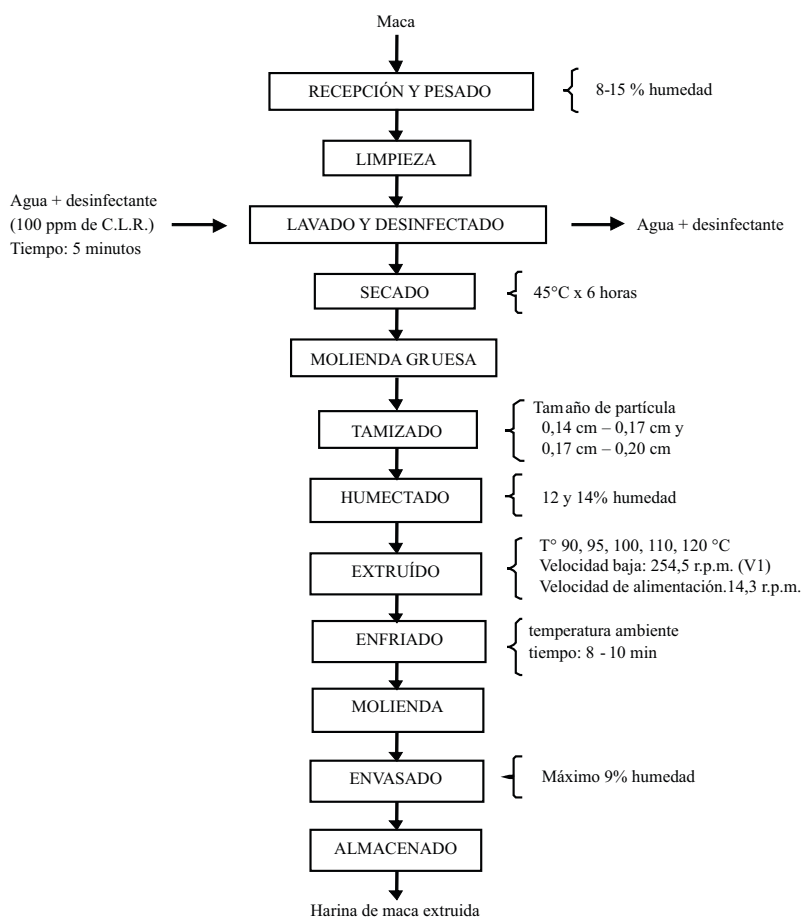
$h_2$ : Humedad final del producto

**Extrusión de la maca:** La maca granulada, tamizada e hidratada fue sometida a cinco temperaturas: 90, 95, 100, 110 y 120°C, teniendo como tamaños de partícula (0,14 cm - 0,17 cm y 0,17 cm - 0,20 cm) y dos humedades: 12 y 14%, resultando 20 tratamientos en total.

El grado de gelatinización fue la variable respuesta a maximizar durante el proceso de cocción - extrusión. La muestra que tuvo el mayor grado de gelatinización fue caracterizada mediante un análisis proximal.

En la figura 1 se presenta el flujo de operaciones para obtener harina de maca extruida.

**Análisis estadístico:** Para determinar la influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca, se utilizó un arreglo factorial con un diseño completamente al azar (DCA). Los factores y sus respectivas variaciones evaluadas fueron: temperatura (90, 95, 100, 110, 120°C), humedad (12 y 14%) y tamaño de partícula (0,14 cm - 0,17 cm y 0,17 cm - 0,20 cm). El paquete estadístico utilizado fue el Statgraphics® 5.1.



**Figura 1.** Flujo de operaciones para obtener harina de maca (*Lepidium meyenii* Walp) extruida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización fisicoquímica de la maca

En la tabla 1 se muestra la composición fisicoquímica de la maca. Varios autores<sup>9</sup> mencionan que la maca contiene entre 10 y 14% de proteínas en base a materia seca, lo cual es superior a otras raíces y tuberíferas: camote 4%, arracacha 3%, papa 8%, olluco 7%, oca 6% y mashua 12%. Además de contener 78% de carbohidratos, es rico en glucosinolatos, alcaloides y taninos<sup>1</sup>.

**Tabla 1.** Composición fisicoquímica de la maca

Componente (%)	Maca	
	b.h. (X ± S)	b.s.
Humedad	9,64 ± 0,08	---
Proteína (factor x 6,25)	13,20 ± 0,08	14,61
Grasa	0,81 ± 0,05	0,90
Fibra cruda	5,29 ± 0,07	5,85
Cenizas	4,49 ± 0,16	4,97
Carbohidratos	71,86 ± 0,11	79,53
Energía (kcal)	347,54	384,62

b.h.: base húmeda; b.s.: base seca; X: promedio; S: desviación estándar

La maca es un insumo alimenticio con bajos contenidos de grasa (representado por el 40,1% de ácidos grasos saturados y 52,7% de insaturados) y altos niveles de fibra, con un importante contenido de azúcares reductores, lo que confiere a esta planta su sabor dulce<sup>4,10</sup>. Asimismo, desde el punto de vista nutricional, presenta prácticamente todos los aminoácidos en una óptima proporción<sup>4</sup>, que lo diferencia de los tubérculos y raíces, que por lo general son deficientes.

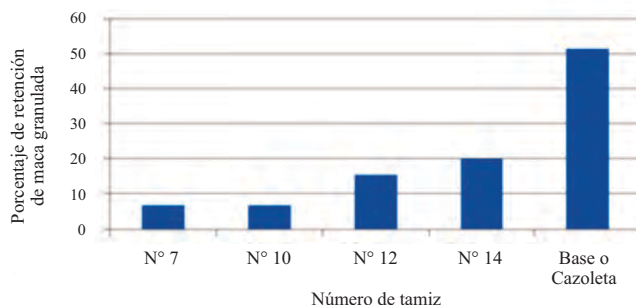
### Granulometría de la maca

El tamizado permitió separar de manera más selectiva los tamaños de partículas de interés. Para la investigación se determinó a nivel experimental que los tamaños de partícula a analizar serían las partículas retenidas en el tamiz N° 12 y 14 (ya que no eran partículas ni muy finas ni muy grandes). En la figura 2, se presenta de manera gráfica los porcentajes retenidos de maca granulada en cada uno de los tamices descritos (tabla 2).

**Tabla 2.** Granulometría de la maca

Número de tamiz	Luz de malla (mm)	Porcentaje de retención (%)
N° 7	2,8 mm	6,80
N° 10	2,0 mm	6,75
N° 12	1,7 mm	15,36
N° 14	1,4 mm	19,80
<b>Base o cazoleta</b>	---	51,29

b.h.: base húmeda; b.s.: base seca; X: promedio; S: desviación estándar



**Figura 2.** Porcentaje de retención versus número de tamiz

El tamaño óptimo de las partículas en la extrusión no es estándar, depende de la configuración del equipo y de la materia prima<sup>6</sup>; por ello es necesario conocer el diseño del extrusor previo al acondicionamiento de las materias primas, ya que el tamaño de partícula del producto a extruir es relevante para el procesamiento<sup>11</sup> y es preferible trabajar con tamaños gruesos (debido a que retrasan la gelatinización hasta justo antes de salir del dado)<sup>6</sup>, siendo no recomendable trabajar con harinas o partículas muy pequeñas ya que éstas se funden rápidamente y no favorecen el transporte del material al interior del extrusor<sup>6,11</sup>.

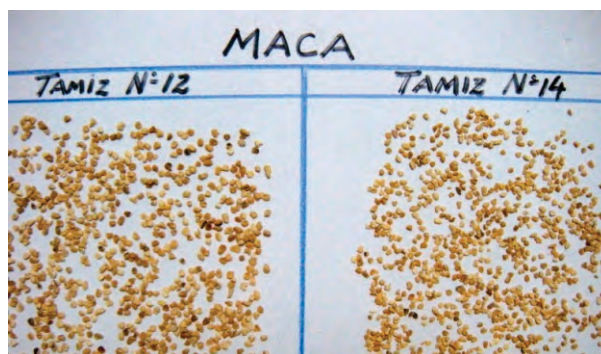
El extrusor usado en la investigación, no permite trabajar con harinas muy finas debido a que causan problemas en la zona de alimentación y se queman en el trayecto, ni con partículas muy gruesas ya que posee un dado con abertura de salida de diámetro aproximado de 3 mm; partículas superiores a éste provocarían la obstrucción del mismo.

### **Extrusión de la maca**

Durante la investigación se evidenció que la maca extruida presentó notables cambios físicos, químicos y sensoriales, tales como: la deshidratación, cocción, aumento del grado de gelatinización del almidón y cambios notables en el sabor, los cuales fueron a consecuencia de las altas temperaturas a que fue sometida. El proceso de extrusión resulta ser un tratamiento efectivo porque permite transformar un producto sin afectar o afectando mínimamente las características nutricionales de los productos; incluso la pérdida de aminoácidos esenciales se ve reducida respecto a una cocción convencional (como: tostado, cocción, etc.)<sup>12</sup>. Algunos investigadores mencionan que los alimentos extruidos pueden también sufrir ciertas modificaciones en su composición como: pérdida de lisina en cereales, gelatinización y dextrinización del almidón y la desnaturalización parcial de las proteínas y en consecuencia mejora su utilización ligada a una mayor digestibilidad<sup>6,13</sup>.

En la figura 3-a se muestra maca acondicionada previa a su extrusión, perteneciente al tamiz N°12 (tamaño de partícula 0,17 cm – 0,20 cm) y tamiz N°14 (tamaño de partícula 0,14 cm – 0,17 cm), caracterizada por un color crema a marrón muy claro; la figura 3-b muestra a la maca extruida, la que se caracterizó por presentar una leve expansión, debido al cambio brusco de presión<sup>6</sup>, un oscurecimiento o pardeamiento debido a la reacción de Maillard, la cual se da siempre que coexistan azúcares reductores y proteínas, especialmente a altas temperaturas, bajas actividades de agua y tiempos de almacenamiento prolongados<sup>14</sup>; la maca presenta entre 6,4 - 8% de azúcares reductores<sup>15</sup>; investigaciones sobre el contenido del

almidón de maca, reportan para la variedad oscura 19,53% y para la clara 20,33%<sup>16</sup>. Las altas temperaturas y baja actividad de agua son condiciones del proceso de extrusión al que ha sido sometida la maca.



(a)



(b)

**Figura 3.** (a) Maca tamizada, (b) Maca extruida

En la tabla 3 se muestra los valores obtenidos para el grado de gelatinización, para los diferentes factores evaluados, mediante una metodología rápida basada en la tinción con yodo del almidón gelatinizado<sup>8</sup>. Destaca el valor promedio del grado de gelatinización obtenido: 86,93%, el cual corresponde al tamaño de partícula retenido en el tamiz N°12, porcentaje de humedad igual al 12% y temperatura de inicio de extrusión igual a 100°C. Asimismo, se encontró valores de grado de gelatinización cercanos, como son: 85,27% (tamiz N°14, humedad 14%, temperatura: 95°C), 84,03% (tamiz N°12, humedad 12%, temperatura: 95°C) y 83,95% (tamiz N°14, humedad 14%, temperatura 100°C), por lo que se puede inferir que en temperaturas de 95 a 100°C se puede obtener altos grados de gelatinización del almidón de la maca.



**Tabla 3.** Grado de gelatinización de maca extruida sometida a distintos tratamientos

Número de tamiz	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Grado de gelatinización (%)
			X ± S
12	12	120	74,73 ± 4,31
12	12	110	71,21 ± 0,82
12	12	100	86,93 ± 0,69
12	12	95	84,03 ± 6,77
12	12	90	74,13 ± 3,31
12	14	120	46,45 ± 1,36
12	14	110	64,44 ± 3,16
12	14	100	64,86 ± 5,76
12	14	95	37,01 ± 1,12
12	14	90	52,75 ± 0,35
14	12	120	70,91 ± 1,20
14	12	110	78,78 ± 0,39
14	12	100	51,20 ± 1,12
14	12	95	48,31 ± 5,76
14	12	90	53,47 ± 6,88
14	14	120	68,15 ± 2,09
14	14	110	71,99 ± 1,17
14	14	100	83,95 ± 0,68
14	14	95	85,27 ± 1,49
14	14	90	60,28 ± 1,98

X: promedio; S: desviación estándar

Para conocer la significancia de los distintos tratamientos se realizó el análisis estadístico (tabla 4), donde se evidencia que los tres tratamientos: número de tamiz (tamaño de partícula), humedad y temperatura presentan diferencias estadísticas significativas sobre el grado de gelatinización de almidón en maca

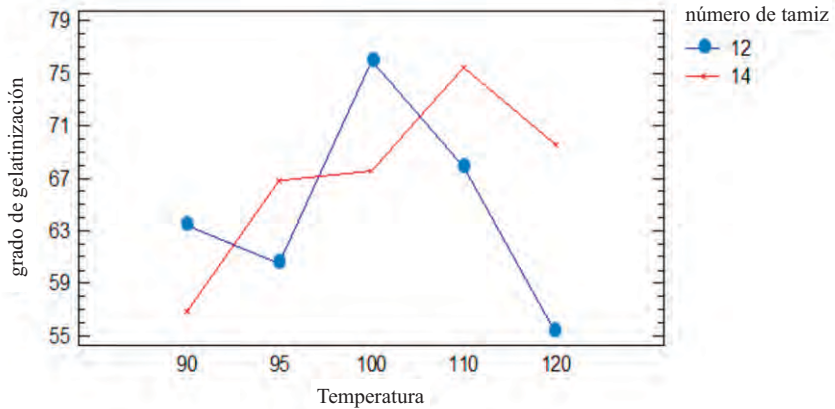
**Tabla 4.** Análisis de varianza para el grado de gelatinización de maca extruida sometida a tres tratamientos: Número de tamiz, humedad y temperatura.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P	Significancia
<b>Efectos principales</b>						
A:humedad	478,864	1	478,864	41,28	0,0000	*
B:número de tamiz	69,6432	1	69,6432	6,00	0,0236	*
C:temperatura	934,948	4	233,737	20,15	0,0000	*
<b>Interacciones</b>						
AB	4127,4	1	4127,4	355,82	0,0000	*
AC	695,073	4	173,768	14,98	0,0000	*
BC	754,005	4	188,501	16,25	0,0000	*
ABC	1953,44	4	488,361	42,10	0,0000	*
<b>Residuos</b>	231,993	20	11,5997			
<b>Total (corregido)</b>	9245,37	39				

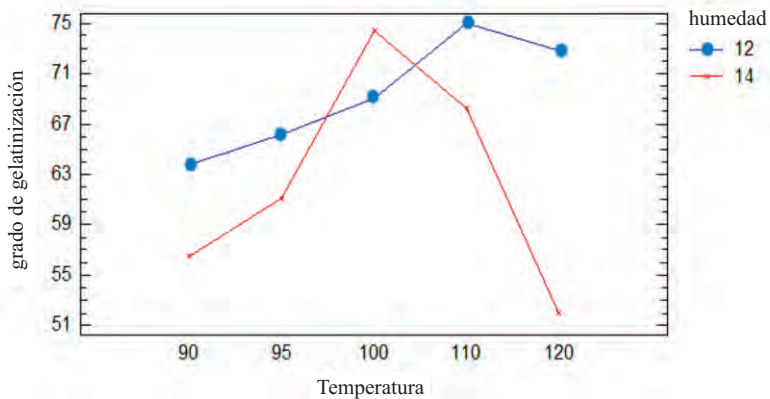
n.s. = no significativo; \* = significativo



Del análisis de comparación de medias (Tukey), se concluye que existe diferencias entre las partículas procedentes de los tamices N°12 y 14, porcentajes de humedad 12 y 14%, asimismo una diferencia significativa entre los grupos de temperatura de: 90, 95, 120°C y 100, 110°C, respectivamente. En las figuras 4 y 5 se muestran las representaciones gráficas sobre la variación del grado de gelatinización en función de las variables estudiadas.



**Figura 4.** Variación del grado de gelatinización en función a las temperaturas de trabajo para los dos números de tamiz.



**Figura 5.** Variación del grado de gelatinización en función a las temperaturas de trabajo para los dos porcentajes de humedad.

En dichas figuras se aprecia que el incremento del grado de gelatinización fue favorable a medida que se fue elevando la temperatura de extrusión, hasta llegar a un punto máximo; luego, a partir de éste, se produjo un descenso en el grado de gelatinización; por ello el

incremento del grado de gelatinización no es continuo ni directamente proporcional con la temperatura de extrusión.

Las partículas de mayor tamaño retardan la gelatinización hasta antes de la descarga del dado de salida, mientras que las partículas finas dan una pronta gelatinización y baja viscosidad del fluido, lo cual no es conveniente, debido a que podría quemarse el producto durante su paso por el barril<sup>6</sup>; durante la evaluación se determinó que con tamaños de partícula grande (tamiz N°12) se logra una mayor gelatinización que si se trabajase con partículas pequeñas (tamiz N°14).

A humedades de alimentación altas no se logra la fuerza de cizalla requerida para el grado de gelatinización<sup>6</sup>. En la figura 4 se aprecia que se logró mayores grados de gelatinización a porcentajes de humedades bajas (12%) respecto a la humedad alta (14%), a excepción de la temperatura de 100°C.

Una mayor temperatura de gelatinización en almidones nativos refleja una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón; este fenómeno está asociado a una menor presencia de amilosa y a una mayor presencia de regiones cristalinas dentro del gránulo que requieren menos temperatura de calentamiento<sup>17</sup>. En la investigación, la temperatura a la cual se logró un mayor grado de gelatinización en la maca fue de 100°C.

### Caracterización fisicoquímica de la maca extruida

En la tabla 5 se presenta la composición fisicoquímica del mejor tratamiento antes y después de la extrusión de la maca.

**Tabla 5.** Composición fisicoquímica de maca (antes y después de ser extruida)

Componente (%)	Maca		Maca extruida	
	b.h. (X + S)	b.s.	b.h. (X + S)	b.s.
Humedad (%)	9,64 ± 0,08	---	5,57 ± 0,05	---
Proteína (f=6,25)	13,20 ± 0,08	14,61	12,68 ± 0,01	13,43
Grasa	0,81 ± 0,05	0,90	0,26 ± 0,03	0,28
Fibra cruda	5,29 ± 0,07	5,85	5,33 ± 0,06	5,64
Cenizas	4,49 ± 0,16	4,97	5,06 ± 0,01	5,36
Carbohidratos	71,86 ± 0,11	79,53	76,42 ± 0,12	80,93
Energía (kcal)	347,54	384,62	358,78	379,94
Grado de gelatinización	---	---	---	<b>86,93 %</b>

b.h.: base húmeda; b.s.: base seca; X: promedio; S: desviación estándar

La extrusión está caracterizada por trabajar a altas presiones y temperaturas, lo cual genera que el agua contenida en los alimentos que se encuentran dentro del barril se sobrecaliente e inmediatamente después de salir del extrusor, se evapore. Tal como se aprecia en la tabla 5, la maca extruida sufrió una reducción significativa en el contenido de humedad, disminuyendo ésta de 9,6 a 5,5%.

Es importante conocer el porcentaje de proteínas de la materia prima puesto que las proteínas también juegan un papel importante en el grado de gelatinización, ya que al competir por el agua con el almidón, puede hacer que ésta se reduzca<sup>18</sup>. En la tabla 5 se puede notar que la maca extruida tuvo una reducción de 1,18% de proteína (base seca).

La fibra sufrió una ligera disminución de 0,21% (b.s.); el contenido de fibra es importante porque afecta algunas propiedades físicas y sensoriales de los extruidos. Un aumento en el

contenido de fibra produce extruidos más densos, orificios más grandes, un color más oscuro y puede también conferir sabor amargo<sup>19</sup>. En el caso de la maca extruida, se evidenció que adquirió un color más oscuro y un sabor más amargo de lo característico.

### CONCLUSIONES

- El tamaño de partícula, humedad y temperatura de extrusión influyeron significativamente sobre el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de la maca.
- Se logró un mayor grado (86,93%) de gelatinización en maca extruida con: tamaño de partícula de 0,17 a 0,20 cm, humedad 12%, temperatura de inicio de extrusión 100°C, velocidad de alimentación 14,3 r.p.m.; dado con dos orificios de salida y 254,5 r.p.m. de velocidad de tornillo.
- El incremento en el grado de gelatinización no es continuo ni directamente proporcional al incremento de la temperatura de extrusión de la maca.
- La maca, como materia prima y extruida reporta un contenido químico-proximal porcentual en base seca: proteína 14,61 y 13,43; grasa 0,90 y 0,28; fibra 5,85 y 5,62; ceniza 4,97 y 5,36 y carbohidratos 79,53 y 80,93, respectivamente.

### AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### BIBLIOGRAFÍA

1. H. Bermejo y J. León. 1994. Andean roots. Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective Plant Production and Protection Series N°26. FAO. Rome, Italy. Disponible en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/1492/roots.html#Maca>. Acceso el 8 de mayo del 2010.
2. DRA-Junín. Portal Agrojunin, Estadística Regional. Disponible en: [http://www.agrojunin.gob.pe/agrojunin/servicios/estadistica/est\\_agricola\\_regional.shtml](http://www.agrojunin.gob.pe/agrojunin/servicios/estadistica/est_agricola_regional.shtml). Acceso el 25 de marzo del 2011
3. PERX. “Plan Estratégico de Exportación: Planes Operativos de Productos Seleccionados de la Región Pasco”. Informe elaborado por el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR) y United States Agency International Development (USAID). 2005.
4. A. Dini; G. Migliolo; L. Rastrelli; P. Saturnino y O. Schettino, Chemical composition of *Lepidium meyenii*. *Food Chemistry*. 1994; 49: 347-349.
5. R. Solís, R. Producción de maca en la meseta de Bombón”, primera edición, Imprenta Ríos. Huancayo, Perú. 168p, 1997.
6. J. Harper, Extrusion of Foods. Volume I and II. CRC Press, Inc. Florida–USA. 1981.
7. AACC. American Association of Cereal Chemists. “Approved Methods of the AACC”, décima edición, The American Association of Cereal Chemist. St. Paul, MN, EE.UU. 2000.
8. M. Wooton, D. Weeden y N. Munk, A rapid method for the estimation of starch processed food, *Food Technology*, 1971; 612-615.
9. J. Tello; M. Hermann y A. Calderón. “La maca (*Lepidium meyenii* Walp): cultivo alimenticio potencial para las zonas alto andinas”. Boletín de Lima. N°81. Perú. 1992.
10. L. Ramos, “Aspectos tecnológicos para la extrusión de cereales andinos”, monografía para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú, 2002.

11. C. Mercier; P. Linko y J. Harper. Extrusion Cooking. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota. USA. 1998.
12. G. Rojas. 2002. "Efecto del tratamiento térmico de la extrusión sobre la calidad proteica en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del tipo panamito", tesis para optar el título de Mg. Sc. en Nutrición, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 2002
13. S. Sathe, S. Deshpande and D. Salunkhe, Functional properties of lupin seed (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates, *J. Food Science*, 1982; 47: 491-497.
14. J. Kameko. "Determinación de los parámetros de extrusión en un extrusor de bajo costo para la obtención de una mezcla base para desayuno a partir de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), olluco (*Ullucus tuberosum* Loz.) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)", tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 2005.
15. L. Obregón, "Maca planta medicinal y nutritiva del Perú", primera edición, Instituto de Diterapia Americana, Lima, Perú, 1998.
16. R. Torres. "Estudio nutricional de la Maca (*Lepidium meyenii* Walp) y su aplicación en la elaboración de una bebida base", tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 1984; 105.
17. A. Alvis; C. Vélez; H. Villada y M. Rada-Mendoza. "Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas". *Información Tecnológica*. 2008; 19(1), 19-28.
18. J. Kokini.; H. Chi-Tang; V. Mukund; Karwe. "Food Extrusion Science and Technology". The State University of New Jersey. New Jersey, USA. 1992.