

## ARTICULO ORIGINAL

# Efecto del tiempo en la digestión enzimática in vitro de almidones de *Ollucus tuberosus* y *Tropaeolum tuberosum*

Marlene René Rodríguez-Espejo y Aníbal Quintana-Díaz

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

### RESUMEN

Se determinó el efecto del tiempo sobre la digestión enzimática in vitro por alfa-amilasa salival de almidones procedentes de dos tubérculos andinos: *Ollucus tuberosus* Loz. "Olluco" y *Tropaeolum tuberosum* R&P. "Mashua". Asimismo, se estimó el grado de digestión de las fuentes de almidón indicadas, las cuales fueron colectadas de los mercados de la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad, Perú.

La extracción del almidón se realizó mediante el método propuesto por Berk y la evaluación de la digestión enzimática por el método de Street-Close modificado por Cueva. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente, determinándose su promedio, coeficiente de variación, análisis de regresión y correlación lineal y la prueba de Duncan.

Se encontró que los porcentajes de digestión enzimática in vitro por alfa amilasa salival de las fuentes de almidón analizadas aumentan por efecto del tiempo variando en forma lineal ascendente. Así mismo los promedios porcentuales de la digestión enzimática de *T. tuberosum* y *O. tuberosus*, a los 0 minutos presentaron bajos porcentajes de digestión enzimática ( 30.64 % y 37.12 % ) y a los 10 minutos ambas especies reportaron alto grado de digestión con valores porcentuales de 97.72 %, 99.12 % respectivamente.

**Palabras clave:** Digestión enzimática, in vitro, almidones, amilasa salival.

### ABSTRACT

In vitro effect of time on digestion enzyme alpha amylase in saliva of starches from two Andean tubers: *Ollucus tuberosus* Loz. "Olluco" and *Tropaeolum tuberosum* R & P. "Mashua." was determined. So it was estimated the degree of digestion of starch sources indicated, which were collected from markets in the city of Trujillo, La Libertad region. The extraction of starch was carried out using the method reported by Berk and evaluating the enzymatic digestion by the method Street - Close amended by Cueva. The data were analyzed statistically, determining its average coefficient of variation, regression analysis and linear relationship and proof of Duncan. The results indicate that the percentage of in vitro digestion enzyme alpha amylase in saliva of the sources of starch increase analyzed the effect of varying time in a linear way upward. Likewise the average percentage of the enzymatic digestion of *T. tuberosum* and *O. tuberosus*, 0 minutes presented to the low percentages of enzymatic digestion (30.64% and 37.12%) and 10 minutes both species reported high percentage of values digestion with 97.72%, 99.12% respectively.

**Key words:** Enzymatic digestion, in vitro, starches, salivary amylase.

## INTRODUCCIÓN

El hombre desde tiempos muy remotos ha utilizado especies vegetales en su alimentación, de modo preferente a aquellos cuyos órganos tuberosos como raíces, tubérculos presentan alto contenido del polisacárido almidón<sup>1</sup>.

En el Perú, al igual que otros países del mundo, las especies como *Solanum tuberosum* “papa”, *Manihot esculenta* “yuca”, *Ipomoea batatas* “camote”, por sus atributos alimenticios que presentan son consumidas en diferentes estratos sociales; en menor grado, y mayormente en zonas rurales, se consumen a *Ullucus tuberosus* “olluco” y a *Tropaeolum tuberosum* “mashua”<sup>2</sup>.

Mediante el proceso de digestión se descomponen los alimentos complejos a formas más simples, de fácil asimilación<sup>3</sup>. Existen varias enzimas capaces de digerir el almidón; sin embargo, la Beta-amilasa y Alfa-amilasa resultan ser las más utilizadas en la industria del papel y de la alimentación; ambas se encuentran en vegetales y las alfa-amilasas en microorganismos y secreciones digestivas como la saliva y el jugo pancreático donde su acción es muy similar<sup>4</sup>. Dichas enzimas hidrolizan los enlaces 1-4 glucosídicos de la molécula de amilosa y amilopectina, a excepción de los enlaces alfa 1-6 de la ramificación de esta última, produciéndose dextrinas, maltosa y glucosa como productos<sup>5</sup>. En raíces y tubérculos, dichas moléculas varían de una especie a otra, la amilosa se encuentra del 188% al 24% y la amilopectina del 76 % al 82%<sup>6</sup>.

El almidón cumple un rol muy importante como fuente de reserva en los vegetales, por sus propiedades físico- químicas en la industria y por su fuente de calorías en la alimentación humana<sup>7</sup>. Sin embargo, según opinión de varios investigadores<sup>2,5,8</sup> la información sobre la digestión en medios experimentales de almidones mediante enzimas digestivas es insuficiente. Con el fin de incrementar el conocimiento al respecto, se determinó el efecto del tiempo en los porcentajes de digestión enzimática in vitro por alfa-amilasa salival de los almidones de *U. tuberosum* y *T. tuberosum*; asimismo, se estableció la comparación porcentual para estimar el grado de digestión entre las especies indicadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material biológico utilizado en el presente trabajo estuvo constituido por dos especies tuberosas andinas: *Ullucus tuberosus* Loz. “Olluco” y *Tropaeolum tuberosum* “mashua”. Estas fueron adquiridas de los mercados de la ciudad de Trujillo Departamento de La Libertad, Perú.

Cada uno de los órganos vegetativos fue sometido al proceso de extracción de almidón mediante el método tradicional propuesto por Berk<sup>9</sup>. Previamente a este proceso, los órganos fueron cuidadosamente lavados y pelados.

Luego el rayado y colado de la papilla, haciendo uso de un lienzo fino por varias veces consecutivas se lavó con agua hasta arrazar con los granos de almidón. Luego se procedió a la sedimentación, la cual se llevó a cabo mediante centrifugación a 3000 r.p.m por 10 minutos. Finalmente se hizo el secado, para lo cual el almidón así obtenido se colocó en papel de filtro y se colocó luego en estufa a 40 °C por 24 horas.

La evaluación de la actividad enzimática in vitro se realizó por quintuplicado en tiempos de 0, 2, 4, 6, 8 y 10 minutos a Temperatura de 37 °C y pH 6.8, mediante el método de Street - Close modificado por Cueva et al<sup>10</sup>. Dicha evaluación se efectuó mediante el diseño clásico de estímulo creciente. Con los datos obtenidos se determinaron los promedios porcentuales el coeficiente de variación de la digestión enzimática in vitro de las fuentes de almidón referidas. El análisis de correlación y regresión lineal de la variación porcentual de la digestión en función del tiempo.

Al mismo tiempo, se consideró la prueba de Duncan para comparar los promedios porcentuales de la digestión enzimática entre las dos especies estudiadas<sup>11</sup>.

## RESULTADOS

Los porcentajes promedios de la digestión enzimática in vitro de los almidones de las dos especies tuberosas analizadas se incrementó a medida que aumenta el tiempo, *T. tuberosum* a los 0 minutos reporta un promedio porcentual de 30.64% y a los 10 minutos de 97.72%, *U. tuberosus* a los 0 minutos 37.32 % y a los 10 minutos 99.12 %. Apreciándose que la velocidad de digestión desde el inicio del experimento fue acelerada. Los coeficientes de variación de la digestión porcentual del almidón de las dos especies variaron entre 0.71 - 14.67 (Tabla 1).

Se observó que existe una buena correlación y regresión lineal entre los porcentajes de digestión enzimática con respecto al tiempo en las dos fuentes de almidón (Tabla 2, Fig. 1).

La comparación de promedios porcentuales de la digestión entre los tiempos de incubación enzimática indican que *T. tuberosum* y *U. tuberosus* a los 0 minutos presentan diferencias significativas con los tiempos de 2, 4, 8, y 10 minutos, pero estos cinco tiempos entre si no son significativos (Fig. 2). Al realizar la comparación de los promedios porcentuales de digestión enzimática entre las dos fuentes de almidón a los 10 minutos los resultados muestran que no existe diferencias significativas (Fig. 3).

**Tabla 1.** Porcentajes promedios y coeficientes de variación de la Digestión Enzimática in Vitro por alfa amilasa salival de almidones de *Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus* en diferentes tiempos de incubación enzimática a 37 °C y pH 6.8.

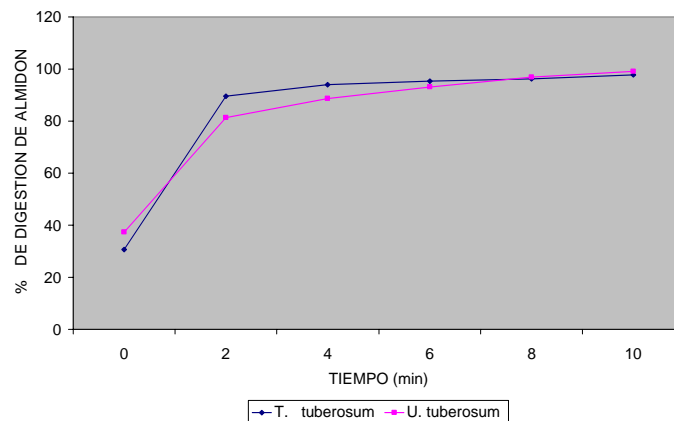
FUENTES ALMIDON	DE	TIEMPO					
		0 min.	2 min.	4 min.	6 min.	8 min.	10 min.
<i>T. tuberosum</i>	$\bar{x}$	30.64	89.60	93.92	95.40	96.20	97.72
	CV	14.67	2.06	2.96	1.84	1.41	1.99
<i>U. tuberosus</i>	$\bar{x}$	37.32	81.42	88.68	93.12	96.78	99.12
	CV	8.72	7.18	2.53	3.02	2.23	0.71

$\bar{x}$  = promedio, CV = coeficiente de variación

**Tabla 2.** Correlación (r) y regresión lineal (b) del efecto del tiempo sobre los porcentajes de digestión enzimática in vitro de almidones de *Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*.

PARAMETRO	FUENTE DE ALMIDON	
	<i>Tropaeolum tuberosum</i>	<i>Ullucus tuberosus</i>
<b>R</b>	0.80	0.91
<b>b</b>	0.83	1.97

r = Regresión, b= Correlación



**Fig. 1.** Efecto del tiempo en los porcentajes de digestión enzimática “in Vitro” de los almidones de *Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*.

Tiempo (min)	0	2	4	6	8	10	
<i>T. tuberosum</i> “mashua”	30.64%	89.60%	93.92%	95.40%	96.20%	97.7%	_ns s
<i>U. tuberosus</i> “olluco”	37.32%	81.42%	88.68%	93.12%	96.78%	99.12%	

**Fig. 2** Significancia estadística mediante la prueba de Duncan para la comparación de la digestión enzimática in vitro de dos fuentes de almidón entre los diferentes tiempos de incubación (37 °C y pH 6.8), ( $P < 0.05$ ).

Fuente de almidón	<i>T. tuberosum</i>	<i>U. tuberosus</i>	
$\bar{x}$	97.72%	99.12%	_ns s

**Fig. 3.** Comparación de promedios porcentuales de la digestión enzimática in vitro entre las diferentes fuentes de almidón a los 10 minutos de incubación enzimática (37 °C, pH. 6.8) mediante la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ )

## DISCUSIÓN

Se estima que la velocidad de reacción inicial con la cual actuó la enzima alfa amilasa salival sobre los porcentajes de digestión en las diferentes fuentes de almidón analizadas, se debería al grado de hidratación que presentaron los almidones durante su procesamiento, resultados que se confirman con los reportados por Berk<sup>9</sup> y Charley<sup>12</sup>, quienes además manifiestan que la cocción de los almidones facilita su digestión, hecho que corrobora lo realizado en la presente experiencia. Mientras que la acción de la amilasa salival sobre el grano de almidón en su estado natural es extremadamente lenta<sup>13,14</sup>.

Los coeficientes de variación de la digestión enzimática de los almidones de cada especie tratada entre las repeticiones para cada tiempo es pequeña; la cual puede estar supeditada a factores intrínsecos como errores de manipulación durante la ejecución del trabajo o factores extrínsecos como la temperatura o la interrupción para agregar algún reactivo durante el proceso<sup>11</sup>. Según el análisis de correlación se determinó que el porcentaje de digestión

enzimática de los almidones de *T. tuberosum* y *U. tuberosus* se encuentran en relación lineal con el tiempo, es decir se incrementa la digestión a medida que aumenta el tiempo. Asimismo, los coeficientes de regresión (b) indican que la digestión enzimática varía de una especie a otra siendo mayor para *U. Tuberosus* y menor para *T. tuberosum*. Esta variación podría deberse a la cantidad de amilosa y amilopectina que presentan los almidones ya que varían de una fuente de almidón a otra; pues aquellas especies que presentan mayor cantidad de amilosa su digestión es más rápida<sup>6,7,15</sup>.

La diferencia significativa que presentan, los porcentajes de digestión de los almidones de las dos especies estudiadas a los 0 minutos con respecto a los tiempos de 2, 4, 6, 8 y 10 minutos se debe a que en dicho tiempo se ha dado la menor hidrólisis del total de almidón alcanzando 30.64% 37.32% en *T. tuberosum* y *O. tuberosum*, respectivamente, dichos resultados con respecto a la velocidad en la hidrólisis muestran baja digestibilidad<sup>5</sup>; en cambio, en los demás tiempos la velocidad de hidrólisis fue alta en forma paulatina (Fig. 1), los cuales no presentan diferencias significativas entre si; alcanzando en dichos periodos de tiempos alta digestión por alfa amilasa salival y además los intervalos de tiempos que existe entre ellos son cortos<sup>16</sup>.

Los promedios porcentuales de la digestión enzimática de *T. tuberosum* (97.27%) y *U. tuberosus* (99.12%) no tienen diferencias significativas por que ambas, según el análisis realizado, presentan una similar digestión; cuyos valores indican alto grado de digestión para ambas especies. Valores porcentuales semejantes a los reportados para *S. tuberosum* (100%) y *M. esculenta* (98.7%), especies muy utilizadas en la dieta de niños, enfermos y ancianos por su fácil asimilación y alto grado de digestión<sup>1,2</sup>. Esto permite asumir que *T. tuberosum* y *U. tuberosus*, pueden cumplir un rol muy similar a las especies antes mencionadas, de darles mayor aceptación en nuestra alimentación ya que presentan almidones con un alto grado de digestión enzimática.

## CONCLUSIONES

- Los porcentajes de digestión enzimática in Vitro en función del tiempo por alfa amilasa salival del almidón de *T. tuberosum* y *U. tuberosus* variaron en forma lineal ascendente
- Los promedios porcentuales de la digestión enzimática de *T. tuberosum* y *U. tuberosus* a los 0 minutos presentaron bajos porcentajes de digestión enzimática y a los 10 minutos ambas especies reportaron alto grado de digestión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Tapia M. Semillas Andinas. Lima-Perú: CONCYTEC. 1993.
2. Vietmeyer N. Lost Crop of the Incans Little Known Plants of the Andes with promise for World Wide Cultivation. Washington, USA: National Academy press. 1990.
3. Bender A. Nutrición y Alimentos Dietéticos. 2da. ed. Zaragoza, España. Edit. Acribia. 1987.
4. Organización de Estados Americanos –OEA-. Estudios bibliográficos sobre los derivados del almidón. Instituto de investigaciones de Colombia- Bogota. 1971.
5. Davenport H. Fisiología de la Digestión. 2da. ed. México: Edit. Interamericana S. A. 1968.
6. Knight J. The Starch Industry. A. Great Britain: Wheatanand Co. 1969.
7. Cheftell J, Cheftell YH. Introducción a la Bioquímica y tecnología de los Alimentos. Zaragoza, España: Edit. Acribia. 1976.
8. Leon J. Plantas Alimenticias Andinas. Boletín Técnico # 6. Ica. Lima - Perú. 1964.
9. Berk Z. Bioquímica de los Alimentos. México: Edit. El Manual Moderno S. A. 1987.
10. Cueva F, Villanueva E, Ponce H, Canchachi W, Ilich E. Termoestabilidad de Alfa Amilasa en Extractos crudos de cuatro cultivos de *Bacillus* sp. En: Cong Iberoamer CC Químicas 1983. p. 21.
11. Steel R, Torrie J. Bioestadística. 2da ed. Bogotá, Colombia: Edit. McGraw-Hill. 1985.
12. Charley H. Tecnología de alimentos. México: Edit. Limusa S.A. 1987.
13. Desrosier N. Elementos de Tecnología de Alimentos. 2da ed. México: Edit. CECSA. 1984.
14. Paredes C. Nutrición. Fundamentos Bioquímicos, fisiológicos y Clínicos. Lima, Perú: Grafimag SRL. 1993.
15. Meyer B, Anderson P, Bohming R. Fisiología Vegetal. 4ta ed. Buenos Aires, Argentina: Edit. Universitaria. 1966.
16. Bhagaban N. Bioquímica. México: Edit. Interamericana. 1978.