

Dextrinas a partir de almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) por hidrólisis enzimática

Dextrins from starch of arracach (*Arracacia xanthorrhiza*) by enzymatic hydrolisis

Carmen Caypo Luna¹, Fredy Pérez Azahuanche²

RESUMEN

Se obtuvo dextrinas a partir del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), por acción de la α -amilasa. La extracción del almidón se realizó siguiendo las siguientes etapas: lavado, pelado, triturado, sedimentado (24 horas), lavado, secado (40 °C x15 h), triturado y tamizado en una malla (Nº 60). El medio dispersante fue cloruro de calcio (CaCl₂) 0,005 M a pH 7 y dosis constante de α -amilasa sobre gramos de sustrato (E/S) de 0,3 mg/g. A tres suspensiones de almidón al 10%, 20% y 30%, calentados a 65 °C, se les adicionó la solución de enzima (0,3 mg/g; pH: 7) y se hizo reaccionar a 70 °C durante 40 y 60 min; después de las cuales se inactivó la enzima mediante ebullición y posterior enfriamiento a 20 °C, luego se centrifugó y finalmente se procedió al secado (65 °C x 20 h). Al material de la hidrólisis se le determinó azúcares reductores, equivalente de dextrosa y rendimiento de dextrina. Se encontró que a 40 minutos y dosis de almidón al 30%, el equivalente de dextrosa fue 10, indicando la presencia de dextrinas, que mostraron color amarillo pardo y sabor ligeramente amargo y sin dulzor. El rendimiento de fue de 80%.

Palabras clave: Almidón de arracacha, dextrina, hidrólisis enzimática, alfa-amilasa.

ABSTRACT

Dextrina was obtained from the starch arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), using α -amylase. To extract the starch, the following stages were used: washed, peeled, crushed, deposited (24 hours), washed, dried (40 °C x 15 h), crushed and sifted in one mesh (Nº 60). Calcium chloride (CaCl₂) 0,005 M was used as dispersent medium and constan dose of 0,3 mg/g of α -amylase by grams of sustrato. It prepared suspensions of starch to three concentrations (10%, 20% and 30%) and heated to 65 °C then it added the solution enzyme (0,3 mg/g; pH: 7) and make to reaction to 70 °C during twice (40 y 60) min.; passed this time it inactivated the enzyme through ebullition and posterior chill to 20 °C, afterward it centrifuged finally, it proceed to the dried (65 °C x 20 h). It proceeded to realize the analyses as: sugar redoubt, equivalent of dextrose and performance of dextrina. It was observed that to 40 minutes and with dose of sustrato to 30%, it obtained 10 equivalent of dextrose, indicating the presence of dextrina and to performance of 80%. The dextrin presented colour tiny yellow with flippantly bitter flavour and sweeten without.

Key words: Starch arracacha, dextrina, enzymatic hydrolisis, alpha - amylase.

¹ Ingeniero en Industrias Alimentarias. Egresada de la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú.

² Ingeniero Químico. Doctor en Ciencias c/m en Química. Profesor Asociado. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú.

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria utiliza los procesos biotecnológicos para la producción, modificación o mejoramiento de los alimentos. Entre estos procesos, la hidrólisis enzimática de almidones, permite obtener una amplia gama de productos con características y usos específicos como: dextrina, maltodextrina, glucosa, maltosa y otros, cuya proporción depende del equivalente de dextrosa (ED) (Primo, 1998).

La hidrólisis de almidones con α -amilasa en solución acuosa es el método más usado en la industria alimentaria (Lee *et al.*, 2006), por que es más controlable y da lugar a productos más puros (Instituto de Investigación Tecnológica, 1974); por ello, actualmente, se siguen desarrollando trabajos de investigación con este método de hidrólisis (Bravo *et al.*, 2006; Tester *et al.*, 2006; Baks *et al.*, 2006 y Agrawal *et al.*, 2005).

La dextrina es uno de los productos derivados del almidón de mayor aplicación en los últimos años. Por su adecuada viscosidad y solubilidad es usada en la elaboración de productos alimenticios como: pan de trigo mejorado, caramelos, agentes espesantes, estabilizadores de suspensión, entre otros (Aristizábal, 2004).

El tipo de almidón es muy importante en el proceso de preparación de dextrinas. La yuca, papa y los cereales son las fuentes naturales más empleadas (Gonzales, 2001). Sin embargo, en los últimos años se han reportado investigaciones de nuevas fuentes naturales de almidón, entre los que destaca la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) (Soto, 2004).

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) pertenece a la familia de las Umbelíferas, es cultivada en América del Sur, ofrece tres variedades: blanca, amarilla y morada. Esta última contiene el mayor porcentaje de almidón (72% en base seca). El contenido de amilosa y amilopectina del almidón depende de la variedad de arracacha. En la amarilla es aproximadamente 10,33% y 89,67%; blanca 19,17% y 80,83% y morada, 20% y 80%, respectivamente. El rendimiento de extracción del almidón (aproximadamente 23,1%), es relativamente mayor en la variedad morada (Soto, 2004).

En el Perú, la producción de arracacha ha mostrado un incremento de 9 762 toneladas en 1999 a 16 617 toneladas en 2002, destacando el Departamento de Cajamarca como el mayor productor (Ministerio de Agricultura, 2003).

La tendencia de crecimiento en la producción de arracacha, su alto contenido de almidón y su período corto de vida de almacenamiento (National Research Council,

1989) hacen necesario la industrialización de esta especie vegetal. Por ello, en este trabajo se realizó un estudio sobre la obtención de dextrina a partir del almidón de arracacha amarilla, mediante hidrólisis con α -amilasa, a fin de evaluar la influencia de las concentraciones del almidón (10%, 20% y 30%) y el tiempo de hidrólisis de α -amilasa (40 y 60 min) sobre el porcentaje de azúcares reductores, equivalente de dextrosa y el rendimiento en la dextrina; y también determinar la concentración del almidón y el tiempo de hidrólisis de la α -amilasa para obtener porcentajes óptimos de azúcares reductores, con menor equivalente de dextrosa y mayor rendimiento en dextrina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se empleó almidón extraído de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla, procedente de la provincia de Otuzco, departamento de La Libertad. La α -amilasa fue adquirida de la Empresa Merck, producida por *Bacillus subtilis* (de páncreas de cerdo) liofilizada con actividad de 250 u/mg, y almacenada en refrigeración a 7 °C. Los reactivos, Merck y Riedel de Haen, usados fueron Q. P.

Metodología experimental

El esquema experimental se muestra en la Figura 1. Se prepararon tres suspensiones de almidón de 10%, 20% y 30%, los cuales fueron hidrolizados durante 40 y 60 min, manteniendo constante la concentración de enzima 0,3 mg/g de almidón. Los ensayos fueron realizados por triplicado.

Extracción del almidón (Figura 2)

La raíz de arracacha se lavó y peló manualmente y luego se ralló para obtener la suspensión de almidón. El agua se separó por sedimentación de 24 horas y el almidón obtenido se lavó tres veces con separación del agua por sedimentación de 4 horas. El almidón húmedo se secó en una estufa a 40 °C por 15 horas, luego se pulverizó con un mortero de porcelana. El producto final se tamizó en una zaranda de malla N° 60 y se envasó en bolsas de polietileno de alta densidad y sellado para su conservación.

Obtención de dextrina (Figura 3)

En un matraz de 100 mL se colocó el almidón (10% de humedad), previamente pesado, y luego se le adicionó 45 mL cloruro de calcio 0,005 M a pH 7,0. El peso del

almidón se determinó tomando en cuenta el contenido de humedad; para concentraciones de 10%, 20% y 30% de sustrato, se pesaron 5,60 g, 11,11 g y 16,70 g, respectivamente.

El pH del cloruro de calcio fue reajustado con soluciones de hidróxido de sodio 0,09 N y ácido clorhídrico 0,1 N. La mezcla se calentó en baño maría y con agitación constante hasta alcanzar 68 °C (temperatura cercana al punto de gelatinización del almidón de arracacha) y luego se adicionó α -amilasa, disuelta en 5 mL de cloruro de calcio 0,005 M y a una temperatura de 50 °C. El material resultante se agitó con bagueta para distribución uniforme, se cubrió con papel aluminio, y se calentó hasta 70 °C por 5 min. A esta temperatura se completó la gela-

tinización del almidón e inició la hidrólisis enzimática, controlándose dos tiempos de 40 y 60 minutos de reacción. La hidrólisis fue detenida mediante inactivación de la enzima en baño maría a temperatura de ebullición del agua (100 °C) durante 15 min y posterior enfriamiento con agua a temperatura ambiente. El producto se centrifugó y el líquido sobrenadante se traspasó a un vaso de precipitación, separándose 5 mL para determinar azúcares reductores. El líquido hidrolizado se colocó en una cápsula de evaporación (previamente pesada) y luego en estufa a 65 °C por 20 horas, hasta obtener un peso constante. En este material se determinó el equivalente de dextrina (indicador de la presencia de dextrina) y rendimiento de dextrina.

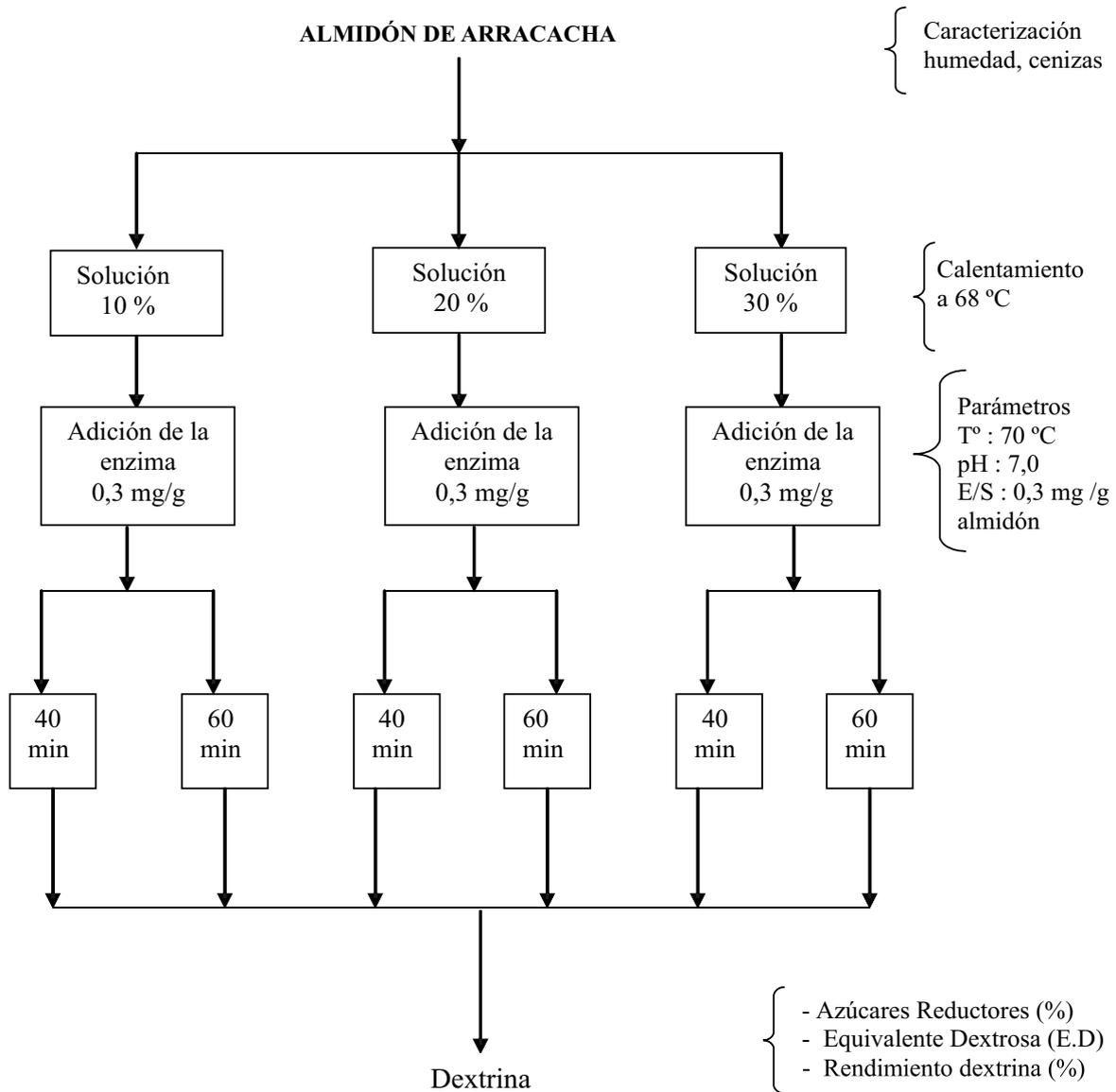


Figura 1. Esquema experimental para la obtención de dextrinas de almidón de arracacha.

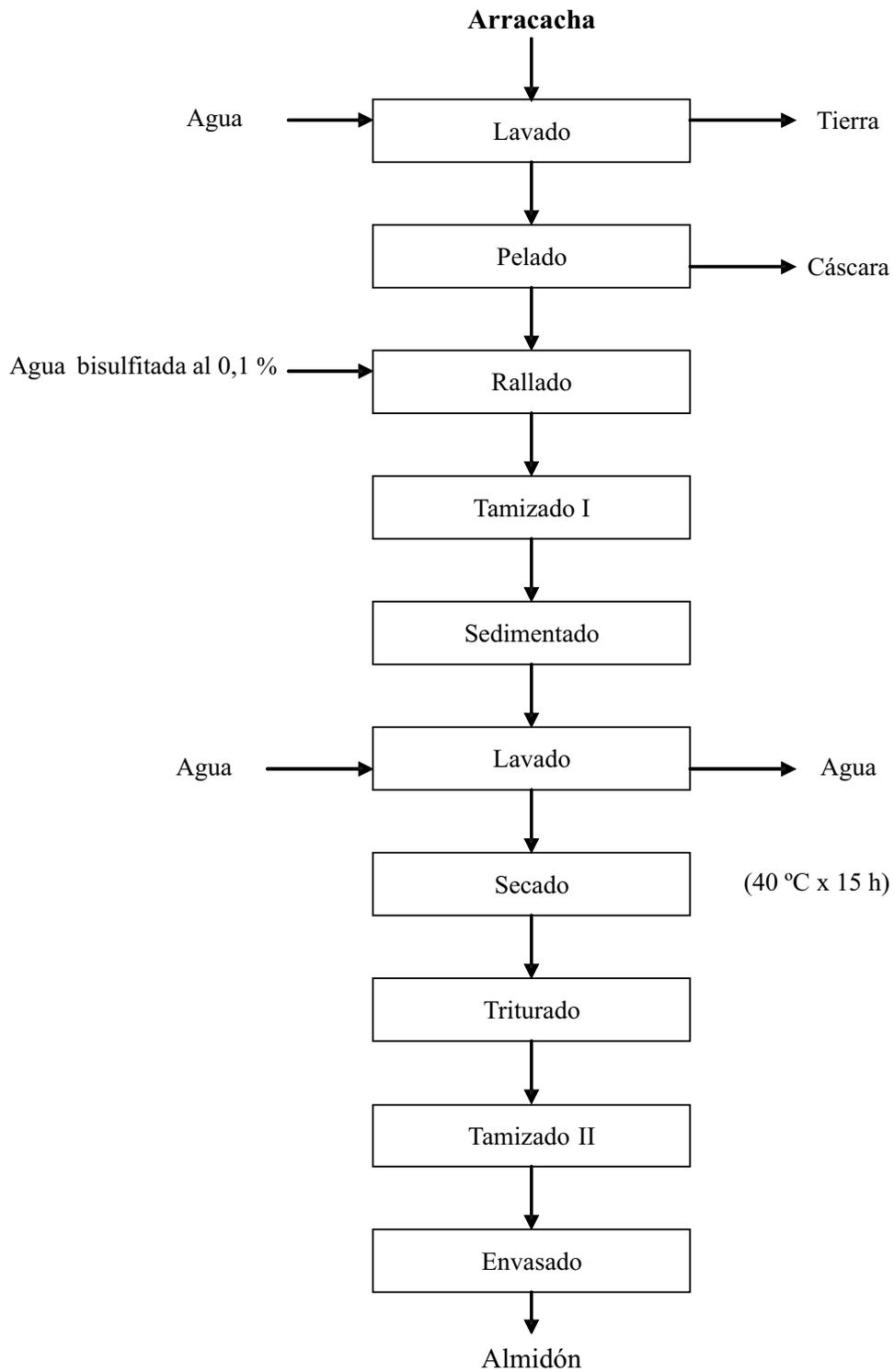


Figura 2. Diagrama de flujo para extracción del almidón de arracacha.

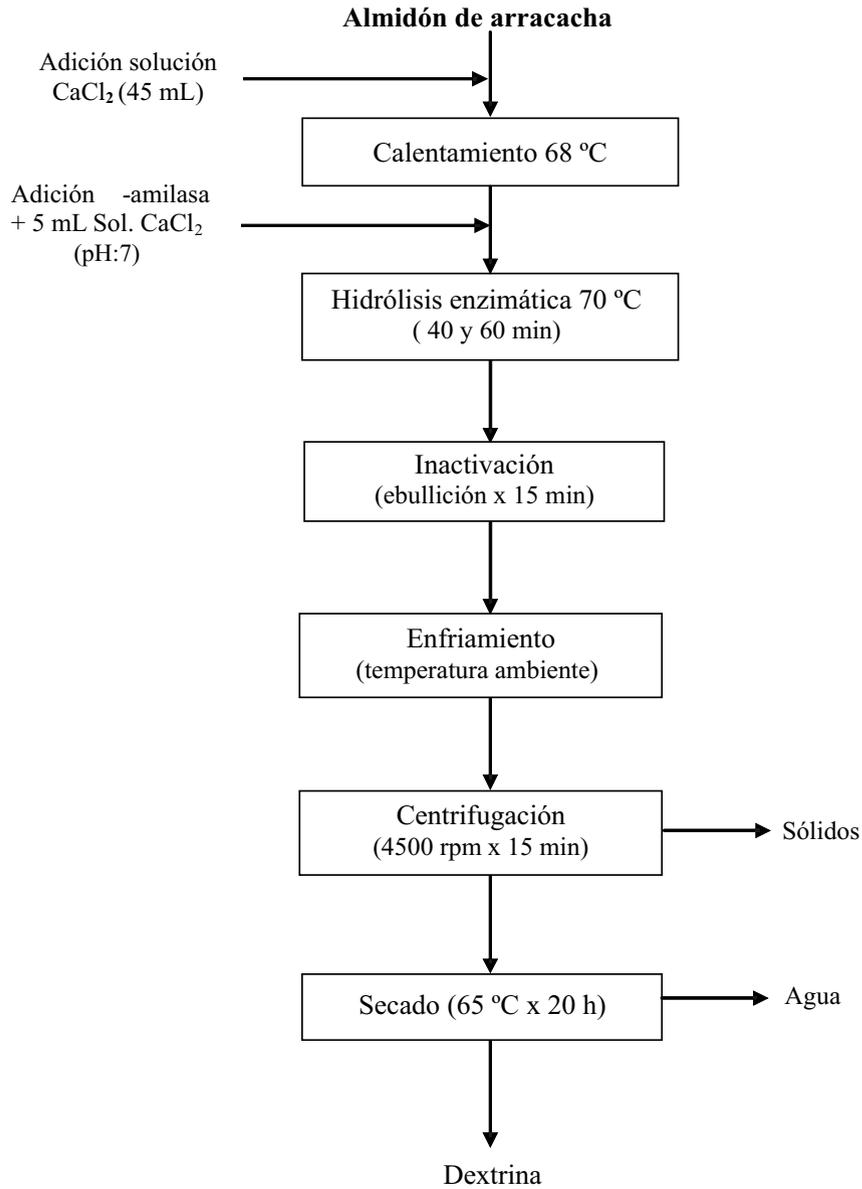


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de dextrinas de almidón de arracacha.



Figura 4. Dextrina de arracacha.

Métodos de análisis utilizados durante el experimento

Humedad: método gravimétrico.

Cenizas: método de calcinación.

Azúcares Reductores: método volumétrico de Lane y Eynon (Hart Fisher, 1984).

Determinación del Equivalente de Dextrosa (E.D.): Modificación del procedimiento para Azúcares Reductores según Lane y Eynon (Hart y Fisher, 1984), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{E.D.} = \frac{\% \text{ Azúcares reductores (base seca)}}{\% \text{ Extracto seco (base seca)}} \times 100$$

Dextrinas: Se empleó el indicador del Equivalente de Dextrosa, según la Norma Técnica Peruana de dextrina N° 369.083.74 (INDECOPI, 1974).

Diseño estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron con el programa estadístico SPSS, versión 15, empleándose el diseño factorial, 3 x 2 con 3 repeticiones, así como la prueba de análisis de varianza (ANVA) y prueba de Duncan, para determinar si hubo un efecto significativo ($p < 0,05$) en los diferentes tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El almidón obtenido de la arracacha presentó un contenido de humedad y cenizas de 10,2% y 0,17% respectivamente, encontrándose dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Peruana, para humedad N° 209.067.74 INDECOPI (1974) (10% a 12,5%) y ceniza N° 209.075.74 INDECOPI (1974) (0,5% como máximo).

Los resultados obtenidos en el proceso de hidrólisis del almidón de arracacha se encuentran resumidos en el

Cuadro 1
RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DEL ALMIDÓN Y TIEMPO DE HIDRÓLISIS CON AZÚCARES REDUCTORES Y EQUIVALENTE DE DEXTROSA

Concentración del almidón (%)	Tiempo (min)	Azúcares Reductores (%)	Azúcares Reductores (Promedio)	Equivalentes de dextrosa	Equivalentes de dextrosa (Promedio)
10	40	13	12,7	14	14
		12,2		14	
		13		14	
	60	15,8	15,7	17	17
		15,2		18	
		16,2		17	
20	40	12,1	12,5	13	13
		11,7		12	
		13,6		14	
	60	12,1	13,2	14	14
		12,3		13	
		15,2		15	
30	40	10,5	9,7	11	10
		9,0		10	
		9,5		10	
	60	11,8	11,2	12	12
		11		12	
		10,7		11	

Cuadro 2

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN Y TIEMPO REACCIÓN EN FUNCIÓN A LOS AZÚCARES REDUCTORES

Respuesta	Fuente	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Test F	p
Azúcares reductores (%)	Concentración	45,991	2	22,996	26,398	0,00004
	Tiempo	13,176	1	13,176	15,125	0,00215
	Interacción	4,071	2	2,036	2,337	0,13897
	Error	10,453	12	0,871		
	Total	73,691	17			

Cuadro 3

PRUEBA DE DUNCAN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN Y TIEMPO REACCIÓN EN FUNCIÓN A LOS AZÚCARES REDUCTORES

Respuesta	Tratamiento	Concentración %	Tiempo (min.)	Resultado			
				1	2	3	4
Azúcares Reductores	5	30	40	9,67			
	6	30	60	11,97	11,97		
	3	20	40		12,47	12,47	
	1	10	40		12,73	12,73	
	4	20	60			13,20	
	2	10	60				15,73

Cuadro 4

PRUEBA DE VARIANZA EN LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN Y TIEMPO DE HIDRÓLISIS EN FUNCIÓN DEL EQUIVALENTE DE DEXTROSA

Respuesta	Fuente	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Test F	p
Equivalente de Dextrosa (E.D.)	Concentración	52,778	2	26,389	29,688	0,00002
	Tiempo	14,222	1	14,222	16,000	0,00176
	Interacción	3,444	2	1,722	1,938	0,18655
	Error	10,667	12	0,889		
	Total	81,111	17			

Cuadro 5

PRUEBA DE DUNCAN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN Y EL TIEMPO DE REACCIÓN EN FUNCIÓN DEL EQUIVALENTE DE DEXTROSA

Respuesta	Tratamiento	Concentración %	Tiempo (min.)	Resultado			
				1	2	3	4
Equivalente de dextrosa (E.D.)	5	30	40	10,33			
	6	30	60	11,67	11,67		
	3	20	40		13,00	13,00	
	1	10	40			13,67	
	4	20	60			14,00	
	2	10	60				16,67

Cuadro 6
EQUIVALENTES DE DEXTROSA Y RENDIMIENTO DE LA
DEXTRINA DE ARRACACHA

Análisis	10 %		20 %		30 %	
	40 min.	60 min.	40 min.	60 min.	40 min.	60 min.
Equivalente de Dextrosa (E.D.)	14	17	13	14	10	12
Rendimiento (%)	71,4	71,2	77,5	72,1	80	77,2

Cuadro 1. Al aumentar la concentración del almidón, manteniendo constante el tiempo, el porcentaje de azúcares reductores disminuyó. Así, a los 40 minutos, con 10% de sustrato, el porcentaje de azúcares reductores fue 12,7% disminuyendo hasta 9,7% con 30% de sustrato. Estos resultados son concordantes con los encontrados por Benavides *et al.* (1984), quienes demostraron que al aumentar la concentración de sustrato, manteniendo la relación enzima/sustrato y el tiempo de hidrólisis constante, el nivel de azúcares reductores obtenidos disminuyó, debido a la mayor cantidad de masa reaccionante.

El ANVA (Cuadro 2), demostró que hay un efecto significativo ($p < 0,05$) de la concentración de almidón sobre los azúcares reductores. Con la prueba de Duncan se comparó los diferentes tratamientos (1 al 6) con el factor de la concentración del almidón en función a los azúcares reductores, encontrándose que el tratamiento 5, con 30% de almidón y 40 min, presentó menor cantidad de azúcares reductores (9,67%) (Cuadro 3).

Respecto a la influencia de la concentración de sustrato sobre el equivalente de dextrosa, manteniendo constante la dosis de la enzima y el tiempo de hidrólisis, se encontró que existió leves diferencias en los resultados. Esto se explica si se toma en cuenta que al incrementar la concentración de sustrato, el volumen de masa reaccionante y la cantidad de agua donde actúa la enzima no son constantes; en consecuencia, la enzima no tiene la misma capacidad de difundirse en el sustrato, derivándose que a concentraciones mayores de almidón, el E.D. o el grado de hidrólisis es menor; comparadas con concentraciones menores. Por ejemplo, cuando la concentración de almidón fue 10%, se logró un hidrolizado de 17 E.D. en 60 minutos de reacción; y con 30%, el E.D. fue 12, con el mismo tiempo de reacción. Estos resultados son concordantes con el trabajo realizado por Whistler *et al.* (1984), quienes encontraron que la composición de un hidrolizado con E.D. 9 fue de 1,7% monosacáridos (principalmente glucosa) y 8,4% de disacáridos (principal-

mente maltosa) y ambos azúcares ejercieron una acción de retroinhibición a la actividad de la enzima. Murray y Luft (1973); Griffin y Brooks (1987) encontraron que a mayor concentración de sustrato se logra menores E.D. Rodríguez (1992) también demostró que a mayores concentraciones de sustrato y a concentraciones menores de enzima se logra menores E.D.; establecieron que a 45 minutos y dosis de E/S 0,6 al 10% de sustrato el E.D. fue 35,7, y al 30%, fue 30,7. Cabrera y Benavides (1983) trabajaron con concentraciones de sustrato de 5% y 10% con dosis de enzima 0,4 E/S y obtuvieron hidrolizados de hasta 40 E.D.

Los resultados obtenidos son concordantes con el ANVA (Cuadro 4), con el que se determinó un efecto significativo ($p < 0,05$) de la concentración de almidón con respecto al E.D. Esta prueba se corroboró con la prueba de Duncan (Cuadro 5), con la que se obtuvo el E.D. 10,33 con el tratamiento 5 (30% y 40 min).

Respecto a los azúcares reductores presentes, se encontró que a una misma concentración, a mayor tiempo de hidrólisis el porcentaje aumentó. Para una concentración del 30% de sustrato, el porcentaje de azúcares reductores aumenta de 9,7% (40 min) a 11,2% (60 min). Estos resultados son concordantes con Fijallos (2001), quien trabajó con una concentración de enzima -amilasa 0,4%, 20% de sustrato, 70 °C, con tres tiempos (1,0; 1,5; 2,0 horas), y encontró un incremento en los azúcares reductores al aumentar el tiempo (a 1 h, 2375,6 mg/100mL; y a 2 h, 2642,2 mg/mL). Los resultados son concordantes con los ANVA (Cuadro 2), deduciéndose que el tiempo de hidrólisis tiene un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la producción de azúcares reductores. La prueba de Duncan (Cuadro 3), mostró que el tiempo de hidrólisis tiene un efecto significativo sobre los azúcares reductores. Con el tratamiento 5, se encontró la menor producción de azúcares reductores (9,67%). Esta prueba se corroboró con el ANVA. Desde un punto de vista económico, la evaluación del tiempo de hidrólisis es funda-

mental, debido a que si se mantienen tiempos largos se precisará de mayor energía y, por ende, se elevaría el costo de producción.

Se encontró que al aumentar el tiempo de reacción el E.D. varía ligeramente. Así, para una concentración del 10% de almidón a 40 minutos, se obtuvo un E.D. de 14; y a 60 minutos 17%. Esto concuerda con Rodríguez (1992), quien trabajó con sustrato al 20% con dosis de E/S 0,2; a los tiempos de: 15, 30 y 60 minutos, encontrando que a 15 minutos el E.D. fue 13,2 y a 60 minutos de 22,1; que le permitió establecer que el aumento del tiempo incrementa la hidrólisis, lográndose mayores valores de E.D. Cabrera y Benavides (1983) y Dondero *et al.* (1978) sostuvieron que a mayor tiempo de hidrólisis y a una concentración adecuada de sustrato, la hidrólisis llega a su máximo valor. Aguirre (1992) empleó 0,5 mg/g de amilasa con 20% de sustrato y tiempo de 45 a 60 minutos, encontrando E. D. de 35 y 42 respectivamente. Estos resultados son concordantes con el ANVA (Cuadro 4), observándose que hay significancia ($p < 0,05$) en el factor tiempo de hidrólisis con respecto al grado de hidrólisis o E.D. ($p = 0,00176$). Este análisis es concordante con la de Duncan, que estableció que para el tratamiento 5 (concentración de sustrato 30% y tiempo 40 min.) el grado de hidrólisis fue el menor que los demás.

En el Cuadro 6 se muestran los E.D. y rendimiento % de los productos hidrolizados del almidón de arracacha, en los diferentes tratamientos. De acuerdo a la Norma Técnica Peruana para Dextrinas N° 369.083.74 INDECOPI (1974), se considera como dextrina al producto hidrolizado del almidón con E.D. máximo 11, mientras que para la Norma Técnica de Glucosa N° 209.148.83 INDECOPI (1983) y otros autores (Whistler, 1984; Lloyd y Nelson, 1984) consideran a la dextrina con E.D. a partir de 9 E.D.

En consecuencia, el producto hidrolizado obtenido en el presente estudio que corresponde a una dextrina es el que tuvo un E.D. 10 (a 30 % de almidón y 40 min), rendimiento de 80 %. La dextrina presentó un color amarillo parduzco, el cual puede clasificarse como dextrina oscura (Figura 4) y presentó un sabor ligeramente amargo, sin dulzor. Los otros tratamientos hidrolizados no son considerados dextrinas, debido a que presentaron E.D. mayores que 11.

CONCLUSIONES

Existió relación inversa entre el E.D. y la concentración de almidón de arracacha, bajo la acción de la α -amilasa. Esto significa que al aumentar la concentración del almidón (10 al 30%), manteniendo constante el tiem-

po de hidrólisis, disminuye el equivalente de dextrosa y el porcentaje de azúcares reductores.

La relación entre el E.D. y el tiempo de hidrólisis con la enzima α -amilasa indicó que el aumento del tiempo de hidrólisis (40 y 60 minutos), manteniendo constante el sustrato, hay un incremento en el equivalente de dextrosa y el porcentaje de azúcares reductores.

Con almidón de arracacha al 30% y tiempo de hidrólisis de 40 minutos con la α -amilasa, se obtuvo dextrina con 9,7% de azúcares reductores, E.D. 10, siendo concordante con la Norma Técnica Peruana para dextrina N° 369.083.74 y un rendimiento del 80% en dextrina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal, M. et al. (2005) *Process Biochemistry*, N° 40, pp. 2499-2507.
- Aristizabal, J.; Acosta, M. y M. Salcedo. (2004) "Estudio de la viabilidad técnica y económica de la producción de dextrinas a partir de yuca seca", Edición N°3, Proyecto CLAYUCA-CIAT, Cali- Colombia.
- Baks, T.; Janssen, A. E, M. and R. M. Boom. (2006) "Enzyme and microbial technology", N° 39, pp. 114-119.
- Bravo V. Et al. (2006) *Biotechnology. Program*. N°22, pp. 718 -722.
- Benavidez, Q. Et al. (1984) "Estudio sobre la obtención de glucosa a partir de harina de arroz mediante hidrólisis enzimática" en *Revista Tecnológica*. N° 153, Bogota- Colombia.
- Cabrera, J. y M. Benavides. (1983) "Elaboración de productos alimenticios a base de harina de arroz mediante la hidrólisis enzimática" en *Revista Tecnológica* N° 151- Colombia.
- Dondero, M. Et al. (1978) "Preparation of a potato hydrolysis using α -amylase" in *Journal of Food Science*, Volume 43, pp. 1698-1701.
- Fijallos, V. (2001) "Elaboración de un jarabe de glucosa a partir del grano de maíz morado (*Zea Mays* L.) variedad morado costeño mediante la hidrólisis enzimática", Tesis de Magíster en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- González, G. (2001) "Extracción caracterización del almidón de arracacha (*Arracada xanthorrhiza* Bancroft) y sus tratamientos térmicos", Tesis para Magíster en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Griffin, V. and J. Brooks (1987) "Liquefaction of rice starch from milled rice flour using heatstable α -amilase" in *Journal of Food Science*, Volume 52, pp. 712-714.
- Instituto de Investigación Tecnológica (IIT), (1974) Norma técnica nacional obligatoria para glucosa de maíz, N° 209.198, Lima-Perú.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, INDECOPI, (1974) "Norma técnica nacional obligatoria para dextrinas", N° 369.083.74, noviembre, Lima-Perú.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, INDECOPI, (1983) "Norma técnica nacional obligatoria para glucosa de maíz", N° 209.148.83, Lima-Perú.

- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, (INDECOPI), (1974) Determinación de humedad, Norma técnica peruana (NTP) N° 209.067.74, Lima-Perú.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, (INDECOPI), (1974) Determinación de ceniza, Norma técnica peruana (NTP) N° 209.075.74, Lima-Perú.
- Lee, S. *et al.* (2006) in *J. Bioche Chemistry*, pp. 997-1005.
- Lloyd, N. y W. Nelson (1984) "Glucosa and fructuosa containing sweetners from starch", pp. 611- 660, In *Starch: Chemistry and Technology*, Edition 2, Academic Press INC, Orlando - Florida.
- Ministerio de Agricultura (MINAG), (2003) Oficina de Información Agraria. Lima - Perú.
- Murray, D. y L. Luft (1973) "Low D.E. Corn Starch Hidrolyzates" in *Food Technology*, March, USA.
- National Research Council (1989) "Lost crops of the incas: little-known plants of the andes with promise for world wide cultivation", National Academic Press, Washington D.C. - USA.
- Primo, E. (1998) *Química de los Alimentos*. Editorial Síntesis S.A., Madrid-España.
- Rodríguez, G. (1992) "Estudio de la modificación de las propiedades fisicoquímicas del almidón de quinua (*Choropodium quinoa willd*) por acción de la α -amilasa", Tesis para Optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Soto, K. (2004) "Característicos del almidón de las variedades amarilla, blanca y morada de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)", Tesis de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo - Perú.
- Tester, R. F.; Qi, X. and J. Karkalas (2006) *Animal feed science and technology*, pp. 130, 39-54.
- Whistler, R.; Bemiller, J. and E. Paschall (1984) "Starch chemistry and technology", Second edition. Academic. Press, INC, New York-USA.