



Almidón de semilla de palta: Optimización del índice de blancura durante el proceso de extracción

Avocado seed starch: Optimization of the whiteness index during the extraction process

G. Barraza-Jáuregui^{1, 2, *}; Raúl Siche¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Privada Antenor Orrego. Av. América Sur s/n – Trujillo, Perú.

ORCID de los autores

G. Barraza-Jáuregui: <https://orcid.org/0000-0002-0376-2751>

R. Siche: <https://orcid.org/0000-0003-3500-4928>

RESUMEN

Se evaluó la concentración de NaOH y tiempo de tratamiento de purificación en el índice de blancura y contenido de proteína del almidón aislado de semilla de palta. Para tal efecto, se empleó un Diseño Estadístico Central Compuesto Rotacional, que incluyeron 2² puntos factoriales + 2*2 puntos axiales y 5 repeticiones en el punto central, totalizando 13 ensayos experimentales. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para contenido de proteína con valores entre 0,2% a 0,5%, a diferencia del índice de blancura, con valores superiores a 90, en el rango entre 90,86 (T1: 0,009 M; 104 min) a 95,33 (T2: 0,026 M; 104 min). El análisis de varianza del modelo cuadrático para índice de blancura fue significativo ($p < 0,05$), con valores de R² y R²-ajustado de 83,74% y 80,21% respectivamente. Con la combinación óptima predicha de concentración de NaOH (0,0059 M) y tiempo de tratamiento de purificación (1 h con 13 min) se estimó el índice de blancura del almidón de 95,88%. Las respuestas encontradas en tres corridas experimentales en la validación del modelo cuadrático del índice de blancura (95,05±0,86%) se encontraron dentro del intervalo de confianza al 95%, con valores de desviación menores al 1%.

Palabras clave: semilla de palta, almidón; valorización; residuos; *Persea americana* Mill.

ABSTRACT

The NaOH concentration and purification treatment time were evaluated in the whiteness index and protein content of the starch isolated from avocado seed. For this purpose, a Rotational Compound Central Statistical Design was used, which included 2² factorial points + 2 * 2 axial points and 5 repetitions in the central point, totaling 13 experimental trials. No significant difference was found between the treatments for protein content with values between 0,2% to 0,5%, unlike the whiteness index, with values higher than 90, in the range between 90,86 (T1: 0,009 M; 104 min) to 95,33 (T2: 0,026 M, 104 min). The analysis of variance of the quadratic model for whiteness index was significant ($p < 0,05$), with R² and R²-adjusted values of 83,74% and 80,21% respectively. With the predicted optimal combination of NaOH concentration (0,0059 M) and purification treatment time (1 h 13 min), the starch whiteness index of 95,88% was estimated. The responses found in three experimental runs in the validation of the quadratic model of the whiteness index (95,05 ± 0,86%) were found within the 95% confidence interval, with deviation values less than 1%.

Keywords: avocado seed, starch; valorization; waste; *Persea americana* Mill.

1. Introducción

El Perú es el segundo proveedor mundial de palta, siendo superado por México, ocupando el tercer lugar en importancia de la canasta agroexporta-

dora peruana, después de las uvas y el arándano. Se exporta fresca y procesada, como palta en trozos congelada, puré y/o pulpa de palta; esta última modalidad representa aproximadamente, el

6% de total de las exportaciones de este fruto (Agencia Agraria de Noticias, 2020). Durante su procesamiento, se generan residuos sólidos capaces de originar problemas ambientales, como la propagación de insectos y roedores, así como pérdidas económicas relacionadas con los costos de transporte. Estos residuos representan el 21-30% del peso seco del fruto, siendo las semillas alrededor del 16% (Kringel, Dias, Zavareze, & Gandra, 2020). Las semillas se consideran ricas en almidón, motivo por el cual se convierten en una prometedora fuente alternativa de almidón no convencional, cuyo contenido, puede variar entre 7,8 y 29,3% (Macena, Souza, Camilloto, & Cruz, 2020).

Existen innumerables métodos para aislar almidón. De forma comercial, se realiza por triturado de la materia prima, con posterior tamizado para separar fibra y suspensión de almidón en agua, centrifugación, purificación y secado. Sin embargo, almidón extraído de fuentes no convencionales, requieren de pasos adicionales (Santos et al., 2013). La semilla de palta contiene compuestos fenólicos, que se oxidan durante el procesamiento. Por este motivo, es común el uso de metabisulfito de potasio para inhibir el pardeamiento enzimático durante la etapa de triturado (Santos et al., 2013).

Después del tamizado y sedimentación de los gránulos, éstos son re-suspendidos en solución de hidróxido de sodio a pH entre 7 a 10, para purificarlo, eliminando la presencia de proteína insoluble y fibra fina que dificultan su aislamiento (Zhu, 2017). La concentración de la solución de NaOH durante la purificación del almidón, afecta el grado de pureza del almidón (Correia, Cruz-Lopes, & Beirão-da-Costa, 2012), contenido de lípidos y fibra, contenido de proteínas (Palacios-Fonseca et al., 2013), contenido de amilosa, solubilidad, temperatura de gelatinización, cristalinidad y poder de hinchamiento (Maniglia & Tapia-Blácido, 2016) y viscoelasticidad y firmeza de las pastas (Chel-Guerrero, Barbosa-Martín, Martínez-Antonio, González-Mondragón, & Betancur-Ancona, 2016).

Estas características determinan los usos potenciales del almidón en sistemas alimentarios y otras aplicaciones industriales, por lo es imprescindible la identificación del método más adecuado, para que éstas no se vean afectadas (Correia et al., 2012), motivo por el cual se planteó el siguiente objetivo: evaluar el efecto de la concentración de hidróxido de sodio y tiempo de tratamiento de purificación en el índice de blancura y contenido de proteína del almidón aislado de semilla de palta.

2. Material y métodos

Materia Prima

Se evaluó un lote de semillas de palta variedad Hass, proporcionadas por una empresa Agroexportadora de la localidad de Trujillo, con no más de 24 horas de haber sido separadas de la pulpa. El lote usado presentó un contenido de fibra $3,11 \pm 0,04\%$ bs, proteínas de $4,49 \pm 0,01\%$ bs, grasa total de $2,35 \pm 0,03\%$ bs, cenizas de $2,43 \pm 0,02\%$ bs y carbohidratos de $87,72 \pm 0,06\%$ bs.

Extracción de almidón a partir de semilla de palta

Las semillas de palta, fueron lavadas, peladas en forma manual y cortadas en trozos (2 cm x 2 cm x 2 cm), trituradas en un procesador de alimentos (Modelo I5, Industrias Maguiña, Perú) durante 5 min adicionando una solución de metabisulfito de sodio (0,3% p/p) en una relación 3:1. La suspensión resultante se filtró por dos tamices, N° 140 (serie ASTM, 106 μ m) y N° 200 (serie ASTM; 75 μ m), con la finalidad de eliminar la fibra y el filtrado se depositó en un recipiente de acero inoxidable y se dejó sedimentar por 12 h a 10 °C, retirando luego el sobrenadante. Se preparó una suspensión, almidón sedimentado: solución de NaOH (2:1), se mezcló y agitó el tiempo indicado en el diseño experimental (Tabla 2), con el fin de purificar el almidón, solubilizando las proteínas. Luego, la suspensión se neutralizó con una solución de HCl 2 N, hasta pH 6,5 y se dejó sedimentar por 12 h a 10 °C; finalmente, se eliminó el sobrenadante y la fracción de almidón se lavó tres veces mediante resuspensión en agua destilada. El almidón obtenido se secó en estufa de aire caliente UN55 PLUS (Mettler GmbH Co. KG, Alemania) a $38 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, para evitar la modificación del almidón, hasta una humedad final de 12%; luego fue tamizado en tamiz N° 200 (serie ASTM; 75 μ m) y envasado en doble bolsa tipo Ziploc® para posterior análisis (Melian, 2010).

Composición del gránulo de almidón

En el almidón aislado, se cuantificó humedad, proteínas, grasa, fibra y cenizas según método AOAC (Lin, Kao, Tsai, & Chang, 2013). El contenido de amilosa aparente se determinó según metodología descrita por Junior, Castanha, Dos Anjos, Augusto, & Sarmiento (2019), en las muestras de almidón previamente desgrasadas con hexano.

Índice de blancura

Los parámetros de color de las muestras de almidón se determinaron con un espectrofotómetro-colorímetro (Konica Minolta, CM-5, Japón), el cual fue previamente calibrado,

utilizándose el iluminante D 65 y observador estándar con ángulo de visión de 10° para espectroscopía de reflectancia. El color se midió en el espacio de color CIELAB (L^* , a^* , b^*). Donde L^* es el parámetro que mide la luminosidad (0 = negro, 100 = blanco), a^* es el atributo de color rojo (+) / verde (-) y b^* es el atributo de color amarillo (+) / azul (-). A partir de ello, se calculó el índice de blancura (W , %) (Ecuación 1) (Guo, Kong, Du, & Xu, 2019).

$$W (\%) = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2] \quad (1)$$

Análisis estadístico

Los valores utilizados para construir el diseño del experimento generado por el software estadístico R 3.4.2, se indican en la [Tabla 1](#), para un α de $\pm 1,41$. Se empleó un Diseño Estadístico Central Compuesto Rotacional (DCCR), dentro de la metodología de Superficie de Respuesta, que incluyeron 2^2 puntos factoriales + 2^2 puntos axiales y 5 repeticiones en el punto central, totalizando 13 ensayos experimentales ([Tabla 2](#)).

Tabla 1

Niveles de los factores según el diseño DCCR, calculados para un α de $\pm 1,41$

Variables independientes	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Concentración de NaOH (M)	0,005	0,009	0,018	0,026	0,030
Tiempo de tratamiento (min)	60	104	210	316	360

3. Resultados y discusión

En la [Tabla 2](#) se presenta los valores de los parámetros de color, índice de blancura y contenido de proteína del almidón extraído de semilla de palta, observándose que el contenido de proteína para los 13 tratamientos varió entre 0,2% y 0,5%, y fueron menores al valor obtenido para la muestra de almidón de semilla de palta sin

purificar, de 0,8%. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

Se ha reportado que, la concentración de la solución de NaOH durante la purificación del almidón, afecta el grado de pureza del almidón (Correia et al., 2012), contenido de lípidos y contenido de proteínas, entre otros (Belhadi, Djabali, Souilah, Yousfi, & Nadjemi, 2013; El Halal, Kringel, Zavareze, & Dias, 2019; Palacios-Fonseca et al., 2013; Zhang et al., 2019).

Los mayores valores de L^* y W menores valores de a^* y b^* se encontraron en los tratamientos T1 (0,009 M; 104 min) y T3 (0,009 M; 316 min), mientras que los menores valores de L^* y W mayores valores de a^* y b^* se encontraron en los tratamientos T2 (0,026 M; 104 min) y T4 (0,026 M; 316 min). Estos resultados pudieron deberse a la oxidación de los compuestos fenólicos presentes en la semilla de palta (Dabas, Elias, Lambert, & Ziegler, 2011). Soong & Barlow (2004) encontraron mayor contenido de polifenoles en la semilla de palta ($88,2 \pm 2,2$ mg AGE/g) que en su porción comestible ($1,3 \pm 0,0$ mg AGE/g). En adición, se ha reportado que el desarrollo de color en extracto de semilla de palta, se incrementa a mayores valores de pH y con mayor rapidez a pH mayores de 8,0, posiblemente debido a disociación u otras reacciones, como apertura de anillo fenólico o reacciones que ocurren en condiciones alcalinas (Dabas et al., 2011).

El color es una de las propiedades físicas de los almidones que juega un papel importante en muchas aplicaciones alimentarias donde se recomienda la calidad del color (Guo et al., 2019). Los resultados obtenidos indicaron alto índice de blancura de las muestras de almidón, valores superiores a 90, en el rango entre 90,86 (T1: 0,009 M; 104 min) a 95,33 (T2: 0.026 M; 104 min).

Tabla 2

Parámetros de color, Índice de blancura y contenido de proteína del almidón extraído de semilla de palta

Tratamiento	Concentración de NaOH (M)	Tiempo de tratamiento (min)	L^*	a^*	b^*	W (%)	Proteína (%)
1	0,009	104	96,00	0,51	2,48	95,33	0,3
2	0,026	104	94,52	1,46	7,17	90,86	0,5
3	0,009	316	96,06	0,5	2,61	95,25	0,2
4	0,026	316	94,64	1,33	6,78	91,28	0,3
5	0,005	210	95,81	0,65	2,87	94,88	0,5
6	0,030	210	94,85	1,18	6,28	91,80	0,5
7	0,018	60	96,01	0,56	2,71	95,17	0,3
8	0,018	360	95,12	0,86	4,59	93,24	0,5
9	0,018	210	95,59	1,05	3,75	94,12	0,3
10	0,018	210	95,55	1,09	4,05	93,88	0,3
11	0,018	210	95,47	0,95	4,13	93,80	0,2
12	0,018	210	95,48	1,17	4,65	93,41	0,3
13	0,018	210	95,77	1,20	3,84	94,06	0,2

Los valores más altos de luminosidad reflejan pureza de los almidones aislados, un alto valor de blancura podría mejorar su uso en diversas aplicaciones alimentarias donde se recomienda la estandarización del color (Reddy, Luan, & Xu, 2017). El análisis de varianza para valores de índice de blancura de muestras de almidón de semilla de palta para el modelo cuadrático fue significativo ($p < 0,05$), con valores de coeficiente de determinación R^2 y R^2 -ajustado de 83,74% y 80,21% respectivamente, por lo que este modelo matemático fue seleccionado para representar el comportamiento de la variable en estudio. Valores mayores al 80%, permitiría estimar la variable respuesta de manera adecuada (Montgomery, 2011). Se estimaron los coeficientes de regresión para un modelo cuadrático, los cuales fueron significativos ($p < 0,05$) (Montgomery, 2011). Este modelo (Ecuación 2) permitió predecir valores del índice de blancura para cada tratamiento evaluado y se compararon con los valores experimentales obtenidos, encontrándose una variación promedio de 0,50%; este valor menor al 10% es considerado como excelente (Pulido, De La Vara Salazar, González, Martínez, & Pérez, 2012).

$$W (\%) = 96,56 - 22,7^{\circ}C - 0,346^{\circ}T - 5332^{\circ}C^2 + 0,0052^{\circ}T^2 + 8,1^{\circ}C^{\circ}T \quad (2)$$

En la Figura 1 se presenta la superficie de contornos para valores de índice de blancura, generada con el modelo cuadrático, donde se observa que, a menor concentración de NaOH (0,005 a 0,014) y tiempo de tratamiento (1 a 4,5 h), el índice de blancura se encontraría entre 95% a 96%. De igual modo se observa que, el valor estimado de índice de blancura para la combinación óptima de concentración de NaOH (0,0059) y tiempo de tratamiento (1 h con 13 min) fue de 95,88%.

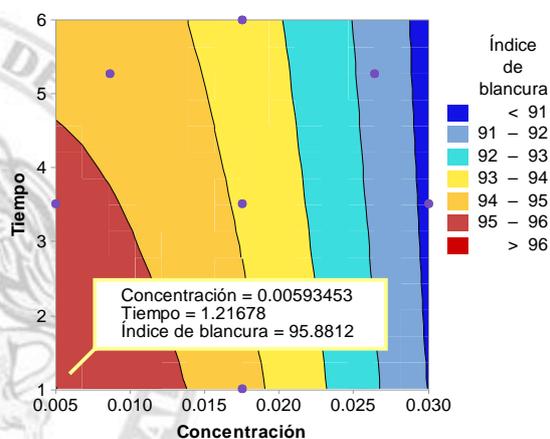


Figura 1. Superficie de contorno para valores de índice de blancura.

Las respuestas encontradas en tres corridas experimentales en la validación del modelo cuadrático del índice de blancura, con los valores estimados para concentración de NaOH (0,0059) y tiempo de tratamiento (1 h con 13 min) óptimos, se encontraron dentro del intervalo de confianza al 95%, con valores de desviación menores al 1% ($95,05 \pm 0,86\%$).

Se indica además que, el tratamiento óptimo presentó 10,23% de humedad, 0,20% de proteína, 0,854% de grasa y 14,01% de amilosa. El contenido de amilosa es responsable de varios factores que afectan el poder de hinchamiento, solubilidad y formación de gel de almidón. En la literatura, una amplia variación en el contenido de amilosa ha sido reportado para almidón de semilla de palta, 32,5% (Builders, Nnorum, Mbah, Attama, & Manek, 2010) y 21,5% (dos Santos et al., 2017), valores posiblemente influenciados por la variedad y métodos de determinación (Kaur & Singh, 2016).

4. Conclusiones

El almidón de palta extraído presentó elevado índice de blancura, superior al 90%, propiedad que refleja alta pureza del almidón aislado; esta característica que podría permitir su uso en diversas aplicaciones alimentarias, donde se recomienda la estandarización del color. Sin embargo, es necesario evaluar las propiedades funcionales del almidón aislado, y si éstas cambian como consecuencia del tratamiento con la solución de NaOH, en la etapa de purificación del almidón.

Por otro lado, el almidón de semilla de palta variedad Hass, tiene potencial para su uso como materia prima de almidón no convencional en sistemas alimentarios y no alimentarios. A pesar del bajo rendimiento de extracción (10,3%), el uso de la semilla de palta reduciría la contaminación ambiental, además de contribuir a disminuir el uso de almidones de fuentes alimenticias, como papa, maíz y yuca, para usos no alimentarios.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el Fondo de Apoyo a la Investigación (FAIN 2018) de la Universidad Privada Antenor Orrego.

Referencias bibliográficas

- Agencia Agraria de Noticias. Agraria.pe. 2020. Disponible en: <https://agraria.pe/estadisticas-new>. Consultado el 28 de octubre del 2020.
- Belhadi, B., Djabali, D., Souilah, R., Yousfi, M., & Nadjemi, B. (2013). Three small-scale laboratory steeping and wet-milling procedures for isolation of starch from sorghum grains cultivated

- in Sahara of Algeria. *Food and Bioproducts Processing*, 91(3), 225-232.
- Builders, P. F., Nnurun, A., Mbah, C. C., Attama, A. A., & Manek, R. (2010). The physicochemical and binder properties of starch from *Persea americana* Miller (Lauraceae). *Starch-Stärke*, 62(6), 309-320.
- Chel-Guerrero, L., Barbosa-Martín, E., Martínez-Antonio, A., González-Monragón, E., & Betancur-Ancona, D. (2016). Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International journal of biological macromolecules*, 86, 302-308.
- Correia, P., Cruz-Lopes, L., & Beirão-da-Costa, L. (2012). Morphology and structure of chestnut starch isolated by alkali and enzymatic methods. *Food Hydrocolloids*, 28(2), 313-319.
- Dabas, D., Elias, R. J., Lambert, J. D., & Ziegler, G. R. (2011). A colored avocado seed extract as a potential natural colorant. *Journal of food science*, 76(9), C1335-C1341.
- dos Santos, D. M., Ascheri, D. P. R., de Lacerda Bukzem, A., Morais, C. C., Carvalho, C. W. P., & Ascheri, J. L. R. (2017). Physicochemical properties of starch from avocado seed (*Persea Americana* Mill). *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 34(2).
- El Halal, S. L. M., Kringel, D. H., Zavareze, E. d. R., & Dias, A. R. G. (2019). Methods for extracting cereal starches from different sources: A review. *Starch-Stärke*, 71(11-12), 1900128.
- Guo, J., Kong, L., Du, B., & Xu, B. (2019). Morphological and physicochemical characterization of starches isolated from chestnuts cultivated in different regions of China. *International journal of biological macromolecules*, 130, 357-368.
- Junior, M. M., Castanha, N., Dos Anjos, C. B. P., Augusto, P. E. D., & Sarmiento, S. B. S. (2019). Ozone technology as an alternative to fermentative processes to improve the oven-expansion properties of cassava starch. *Food research international*, 123, 56-63.
- Kaur, M., & Singh, S. (2016). Physicochemical, morphological, pasting, and rheological properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) kernel starch. *International Journal of Food Properties*, 19(11), 2432-2442.
- Kringel, D. H., Dias, A. R. G., Zavareze, E. d. R., & Gandra, E. A. (2020). Fruit Wastes as Promising Sources of Starch: Extraction, Properties, and Applications. *Starch-Stärke*, 72(3-4), 1900200.
- Lin, J.-H., Kao, W.-T., Tsai, Y.-C., & Chang, Y.-H. (2013). Effect of granular characteristics on pasting properties of starch blends. *Carbohydrate Polymers*, 98(2), 1553-1560.
- Macena, J. F. F., Souza, J. C. A. d., Camilloto, G. P., & Cruz, R. S. (2020). Physico-chemical, morphological and technological properties of the avocado (*Persea americana* Mill. cv. Hass) seed starch. *Ciência e Agrotecnologia*, 44.
- Maniglia, B. C., & Tapia-Blácido, D. R. (2016). Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp. *Food Hydrocolloids*, 55, 47-55.
- Melian, D. (2010). *Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de chiloé y dos variedades comerciales*.
- Montgomery, D. (2011). Experimentos con Mezclas. In *Diseño y Análisis de Experimentos* Phoenix, Arizona: LimusaWiley.
- Palacios-Fonseca, A., Castro-Rosas, J., Gómez-Aldapa, C., Tovar-Benítez, T., Millán-Malo, B., Del Real, A., & Rodríguez-García, M. (2013). Effect of the alkaline and acid treatments on the physicochemical properties of corn starch. *CyTA-Journal of Food*, 11(sup1), 67-74.
- Pulido, H. G., De La Vara Salazar, R., González, P. G., Martínez, C. T., & Pérez, M. d. C. T. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*: McGraw-Hill.
- Reddy, C. K., Luan, F., & Xu, B. (2017). Morphology, crystallinity, pasting, thermal and quality characteristics of starches from adzuki bean (*Vigna angularis* L.) and edible kudzu (*Pueraria thomsonii* Benth). *International journal of biological macromolecules*, 105, 354-362.
- Santos, L. S., Bonomo, R. C. F., Fontam, R. d. C., Bonomo, P., Leite, C. d. S., & Santos, D. (2013). Efeito dos métodos de extração na composição, rendimento e propriedades da pasta do amido obtido da semente de jaca. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 15(3), 255-261.
- Soong, Y.-Y., & Barlow, P. J. (2004). Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food chemistry*, 88(3), 411-417.
- Zhang, Y., Li, B., Zhang, Y., Xu, F., Zhu, K., Li, S., . . . Dong, W. (2019). Effect of degree of polymerization of amylopectin on the gelatinization properties of jackfruit seed starch. *Food chemistry*, 289, 152-159.
- Zhu, F. (2017). Structures, properties, modifications, and uses of oat starch. *Food chemistry*, 229, 329-340.

