



Estación Experimental Santa Catalina

Departamento de Nutrición y Calidad

Informe Anual 2017



Mejía – Pichincha – Ecuador
Diciembre / 2017

10.2.2. Determinación de propiedades térmicas en seis líneas promisorias de chocho

Actividades Planificadas	
Actividad	Indicador de la actividad
Determinación de propiedades térmicas en seis líneas promisorias de chocho	Un estudio sobre las propiedades térmicas del chocho
Responsable:	Elena Villacrés
Colaboradores:	María Quelal, Javier Alvarez

Antecedentes

El chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una leguminosa de origen andino, considerada estratégica para la seguridad y soberanía alimentaria. Este grano presenta un alto contenido de proteína (50-54%, en grano seco), grasa, carbohidratos, minerales y fibra. Sin embargo, el alto

contenido de alcaloides quinolizidínicos en el grano (3-4 %), impide su amplio uso y consumo, (E., Peralta, E., Cuadrado, L. Revelo, J., Abdo, S., & Aldaz, R., 2009).

Para eliminar estos compuestos el grano es sometido a un proceso térmico-hídrico, en el cual la cocción juega un rol importante. Este proceso puede ser definido como el aumento de la temperatura del grano en agua, durante un tiempo suficiente para transformar su microestructura y desarrollar características de calidad especiales que lo haga más apetecible por parte de los consumidores (Siripon, Tansakul y Mittal, 2007; Palermo, Pellegrini y Fogliano, 2014). El chocho tiene un tiempo específico de cocción, el cual depende de la velocidad de transmisión de calor, el grado de hidratación, porosidad, espesor y composición química (Carciofi, Faistel, Aragão y Laurindo, 2002; Ayadi, Makni y Attia, 2009). Durante el proceso térmico, también se consigue la disminución de los factores antinutricionales que se encuentran comúnmente en el grano crudo, por ello la importancia de controlar este tratamiento térmico (Murador, Mercadante y de Rosso, 2016).

Las propiedades termofísicas son parámetros importantes en la descripción de la transferencia de calor durante la cocción, ya que por medio de éstas es posible conocer la estructura del grano, suscitando grandes ventajas su comprensión especialmente por los costos energéticos, la eficiencia en el diseño de equipos y el aseguramiento de la calidad de los productos (Alvis, Caicedo y Peña, 2012; Alvis, González y Arrázola, 2015; Kanjanapongkul, 2017).

En éstas se incluyen, el calor específico, conductividad, difusividad térmica, que se relacionan a su vez con la densidad. Dependiendo del tiempo de cocción, varían las características físicas del grano, el cual requiere ser estandarizado para asegurar la calidad final del producto. Este factor es de vital importancia, ya que un tiempo prolongado representa un gasto energético excesivo, elevación en los costos de producción, deterioro en sus propiedades organolépticas y deficiencias en los contenidos nutricionales (Arámbula-Villa et al. 2001). Mientras que un tiempo demasiado corto, puede ocasionar que no se alcancen las temperaturas óptimas en el centro del alimento y originaría una mayor retención de alcaloides y el rechazo por los consumidores (Bouasla, Wójtowicz y Zidoune, 2017).

Objetivos

Determinar las propiedades térmicas de cuatro líneas promisorias de chocho, durante el proceso de cocción por ebullición.

Analizar la reducción del gasto de energía utilizada e incrementar la aceptabilidad y calidad del chocho.

Metodología

Materiales: Se trabajó con los siguientes genotipos de chocho: 742 X649 P3S3, 742 X649 P3S5, ECU-2658, ECU-722-4, los cuales fueron cultivados en la Estación Experimental Santa Catalina

Fueron utilizados termopares tipo J para determinar el historial de temperatura de 160 gramos de chocho, cada 5 minutos. Estos fueron ubicados en el centro geométrico del grano (T_c), en la superficie a una profundidad de 0,5 mm (T_i) y en el medio de calentamiento (T_∞). La relación grano: agua durante la cocción fue 1:6 (160 g/1000 ml de agua). El proceso terminó, cuando la temperatura central llegó a 75°C.

Se determinó el calor específico (C_p), la densidad (ρ), conductividad (k) y la difusividad térmica (α) de las cuatro líneas promisorias de chocho, utilizando las fórmulas sugeridas en el Cuadro 7, con base en la composición del producto y la temperatura de procesamiento.

Los cálculos se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como la media con su desviación estándar.

Cuadro 7. Modelos utilizados para calcular las propiedades térmicas del chocho

Propiedad	Unidades	Modelo ¹	R ²	Referencia
Conductividad térmica (k)	W/m°C	$K=0.25X_{HC}+0.16X_p+0.16X_{GR}+0.14X_{CZ}+0.48X_{H2O}$	0.92	
		$K=0.16+0.02T+0.29X_{H2O}+3.48x10^{-7}T^2$	0.95	
Calor específico (Cp)	KJ/kg°C	$Cp=1.42X_{HC}+1.55X_p+1.68X_{GR}+0.85X_{CZ}+4.18X_{H2O}$	0.91	
		$Cp=489.98+3313X_{H2O}+24T-53X_{H2O}+*T+33.7X_{H2O}^2T$	0.96	Alvis et al., (2012)
Densidad (ρ)	Kg/m ³	$\rho =1.34X_{HC}+1.15X_p+0.75X_{GR}+1.95X_{CZ}+0.95X_{H2O}$	0.94	
Difusividad	10 ⁻⁷ m ² /s	$\rho =1553-568,81X_{H2O}$	0.93	
		$\alpha = (0.08-0.06X_{H2O}+0.12X_{H2O}^2+6.87x10^{-4}X_{H2O}^2T-5.17x10^{-4}X_{H2O}^2T^2)x10^{-6}$	0.97	
		$\alpha =K/ \rho *Cp$	0.85	

Donde X_{HC}, X_p, X_{GR}, X_{CZ}, X_{H2O} representan las fracciones másicas de carbohidratos, proteínas, grasas, cenizas y humedad del chocho. Los valores están dados para un rango de temperaturas de -4 a 100°C.

Resultados

En el Cuadro 8 se presentan los datos de la composición bromatológica del chocho después del proceso de cocción.

Cuadro 8. Composición química del chocho cocido

Línea	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
742 X 649 P3S3	8,51±1,03	3,21±0,04	40,37±0,40	16,67±1,34	8,65±1,24	31,10± 1,14
742 X 649 P3S5	8,45±1,32	3,18±0,07	40,48±0,34	16,53±1,45	9,40±1,31	30,41±0,98
ECU - 2658	8,33±1,17	3,54±0,02	40,61±0,54	16,92±1,61	10,11±1,03	28,32±0,65
ECU - 722 - 4	9,03±1,29	3,19±0,03	41,07±0,21	17,02±1,22	9,81±1,08	28,91±0,46

Los valores de las propiedades térmicas obtenidas en el chocho cocido, teniendo en cuenta la composición química y la temperatura de procesamiento, variaron para la conductividad térmica, densidad, capacidad calorífica y difusividad térmica de 0,44 a 0,52 W/m°C, 1233 a 1411 kg/m³, 3140 a 3256 J/kg°C y 1,32 x 10⁻⁷ a 1,35x10⁻⁷ m²/s, respectivamente, según lo presentado en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Propiedades térmicas de cuatro líneas promisorias de chocho

Parámetros	Unidades	742 X 649 P3S3	742 X 649 P3S5	ECU - 2658	ECU-722- 4
Conductividad térmica	W/m°C	0,47±0.03 ^b	0,52±0,02 ^a	0,44± 0,02 ^b	0,46±0,04 ^b
Densidad	Kg/m ³	1233,08±30,13 ^b	1411± 47,08 ^a	1245± 28,91 ^{ab}	1236±25,00 ^b
Capacidad Calórica	J/kg°C	3140,6± 27,84 ^b	3255± 18,47 ^a	3256± 26,78 ^a	3167±21,89 ^b
Difusividad Térmica	m ² /s	1,33x10 ⁻⁷ ± 0,01 ^b	1,35x10 ⁻⁷ ± 0,03 ^a	1,32x10 ⁻⁷ ±0,02 ^b	1,33x10 ⁻⁷ ±0,03 ^b

Los datos representan la media de tres determinaciones con la desviación estándar. Superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas (p<0.05)

Los resultados encontrados para el chocho cocido, coinciden con los reportados para otros alimentos de origen vegetal. Alvis *et al.*, (2015), determinaron las propiedades termo-físicas en chips de camote y encontraron en el caso de los productos no recubiertos (NR) con biopolímeros, que la conductividad térmica varió de 0,39 a 0,45 W/m°C, mientras que en los recubrimientos (CR), los valores estuvieron entre 0,41 y 0,46 W/m°C.

Por su parte, el calor específico estuvo entre 2470 a 2920 kJ/kg °C y 2500 a 2960 kJ/kg K, mientras que la difusividad térmica fue de 1,16 a 1,35 x 10⁻⁷ m²/s, para NR y de 1,19 a 1,34 x 10⁻⁷ m²/s en CR. En dicha investigación la variación de la densidad estuvo entre 1150 a 2920 kg/m³ y 1150 a 2960 kg/m³ para NR y CR respectivamente, siendo estos valores relativamente más bajos que los reportados para el chocho. Estas diferencias se atribuyen a la variabilidad en la composición química y microestructura del grano.

Conclusiones

El tratamiento térmico (tiempo-temperatura) ideal durante la cocción atmosférica para el grano de chocho fue de 40 minutos hasta una temperatura 75°C en el centro del producto. Los valores de la conductividad y difusividad térmica aumentaron linealmente con la temperatura de procesamiento (p<0,05), y estuvieron dentro de lo reportado por otros autores para productos alimenticios de naturaleza similar.

Los valores promedio obtenidos para las propiedades térmicas en función de la composición química y la temperatura fueron para la conductividad 0,47 W/m°C, difusividad 1,33x10⁻⁷m²/s y la capacidad calorífica de 3204J/kg°C. Sin embargo, la línea 742 X 649 P3S5, presentó los mayores valores (p<0,05), con respecto a las restantes líneas experimentales.

El entendimiento de los parámetros de transferencia de calor durante la cocción del chocho es importante para la optimización de los procesos térmicos aplicados a esta matriz alimentaria.

Referencias

- Alvis, A., González, A. y Arrázola, G. (2015). Efecto del Recubrimiento Comestible en las Propiedades de Trozos de Batata (*Ipomoea Batatas* Lam) Fritos por Inmersión: Parte 2: Propiedades Termofísicas y de Transporte. *Información tecnológica*, **26** (1): 103-116.
- Alvis, A., González, A. y Arrázola, G. (2015). Efecto del Recubrimiento Comestible en las Propiedades de Trozos de Batata (*Ipomoea Batatas* Lam) Fritos por Inmersión: Parte 2: Propiedades Termofísicas y de Transporte. *Información tecnológica*, **26** (1): 103-116.
- Alvis, A., Caicedo, I. y Peña, P. (2012). Determinación de Propiedades Termofísicas de Alimentos en Función de la concentración y la Temperatura empleando un Programa Computacional. *Información tecnológica*, **23**(1): 111-116.
- Arámbula-Villa, G., Barron-Avila, L., Gonzalez-Hernández, J., Moreno-Martinez, E. y Luna-Barcenas, G. (2001). Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características físico-químicas, estructurales y reológicas, estructurales y texturales, masa y tortilla de maíz. *Archivo Latinoamericanos de Nutrición*, **51**(2): 187-194.
- Ayadi, M. A., Makni, I. y Attia, H. (2009). Thermal diffusivities and influence of cooking time on textural, microbiological and sensory characteristics of turkey meat prepared products. *Food and Bioproducts Processing*, **87**(4): 327-333.
- Carciofi, B. A., Faistel, J., Aragão, G. M. y Laurindo, J. B. (2002). Determination of thermal diffusivity of mortadella using actual cooking process data. *Journal of Food Engineering*, **55**(1): 89-94.
- Murador, D. C., Mercadante, A. Z., y de Rosso, V. (2016). Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage. *Food chemistry* **196**: 1101-1107.

- Bouasla, A., Wójtowicz, A., &Zidoune, M. N. (2017). Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours: Physical properties, texture, sensory attributes and microstructure. *LWT-Food Science and Technology*, 75:569-577.
- Kanjanapongkul, K. (2017). Rice cooking using ohmic heating: Determination of electrical conductivity, water diffusion and cooking energy. *Journal of Food Engineering* , 192: 1-10.
- Pushpadass, H. A., Menon, R. R., Rao, K. J. y Nath, B. Palermo, M., Pellegrini, N., &Fogliano, V. (2014). The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(6), 1057-1070.
- Siripon, K., Tansakul, A., & Mittal, G. S. (2007). Heat transfer modeling of chicken cooking in hot water. *Food Research International*, 40(7): 923-930.
- Villacrés, E., Peralta, E., Cuadrado, L. Revelo, J., Abdo, S., &Aldaz, R. (2009). Propiedades y aplicaciones de los alcaloides del chocho. INIAP, 6. Quito, Ecuador.