

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN HARINAS DE AMARANTO TERMOFORMADAS (*Amaranthus caudatus*) CON POLVILLO DE FIQUE

EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES THE AMARANTO FLOUR TERMOFORMED (*Amaranthus caudatus*) WITH FIQUE DUST

JUAN PABLO CASTAÑEDA¹, HÉCTOR SAMUEL VILLADA², SILVIO ANDRES MOSQUERA³

PALABRAS CLAVE:

amaranto, esfuerzo, elongación, harina termoplástica, polvillo.

KEYWORDS:

amaranth, strength, elongation, thermoplastic flour, dust.

RESUMEN

*Se elaboraron diferentes termoformados a partir de harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) más polvillo de fique mediante el proceso de moldeo por compresión. Se prepararon nueve mezclas y se calentaron al baño María hasta 75 °C para alcanzar la temperatura de gelatinización, se moldearon, se secaron y se midieron las propiedades mecánicas. Se usó como diseño experimental el de parcelas divididas. Se presentaron diferencias significativas de segundo orden debido a las diferentes concentraciones de plastificante y polvillo de fique. Dado que la finalidad del presente trabajo fue buscar un material ideal para el desarrollo de un empaque termorrigido, se seleccionó la muestra 7. En esta investigación, el glicerol no aportó de manera significativa al objetivo del trabajo porque los materiales modificados con este plastificante fueron frágiles, a diferencia del polvillo de fibra de fique y la harina de amaranto que mejoraron la rigidez de la estructura termoplástica.*

ABSTRACT

*Prepared thermoformed different from flour amaranth (*Amaranthus caudatus*) more dust of fique through the process of compression molding. Nine mixtures were prepared and heated water bath at 75 °C for up to temperature gelatinization was molding, dried and the mechanical properties were measured. Experimental design was used as the split-plot. Significant differences were second order because of different concentrations of plasticizer*

Recibido para evaluación: Diciembre 18 de 2007. Aprobado para publicación: Febrero 14 de 2008

1 Estudiante de Ingeniería Agroindustrial

2 Ingeniero Agroindustrial. Magister en Docencia Universitaria. Ph.D. Ingeniería. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca.

3 Ingeniero Industrial de Alimentos. Especialista en Gerencia de Producción. Magister en Ingeniería. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán.

and dust of figue. Since the purpose of this study was to find an ideal material for the development of a packaging thermoformed was selected sample 7. In this research, glycerol not contributed significantly to the objective of this work because the materials were modified with this plasticizer fragile, unlike the dust of figue fiber and amaranth flour improved rigidity of the structure thermoplastic.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, existe una marcada dependencia por el uso de los empaques sintéticos para aplicaciones en los sectores alimentario y no alimentario. La utilización de estos empaques es fundamental en la conservación de los alimentos y en la prolongación de la vida útil de estos en la cadena agroalimentaria y en la satisfacción de las necesidades del consumidor final. Sin embargo, estos empaques están incrementando considerablemente los desechos plásticos sintéticos y, por ende, la contaminación ambiental. Este problema ha motivado a los investigadores a buscar materiales amigables con el medio ambiente, siempre y cuando mantengan sus propiedades mecánicas, térmicas y de barrera funcionando por un determinado tiempo y además biodegradables, esta última situación es la que no se da en los polímeros sintéticos [1].

Una alternativa para reducir el uso de polímeros sintéticos en el país es la utilización de materiales económicos, renovables y biodegradables. Las harinas de cereales, raíces y tubérculos se han convertido en una excelente opción para el desarrollo de materiales biodegradables. Hasta el momento, se han utilizado las harinas de trigo, soya y yuca en la elaboración de termoformados [2]. Estos materiales se caracterizan por presentar un comportamiento irregular en las propiedades mecánicas y de barrera [3], siendo un problema en la elaboración de empaques, lo que ha obligado a estudiar nuevos materiales naturales que puedan disminuir los efectos negativos en las propiedades mecánicas y de barrera [4].

Las propiedades mecánicas esfuerzo, elongación y rasgado son de vital importancia en la valoración de cualquier material plástico sintético ó biodegradable, pues permiten caracterizar el material y su aplicación en el desarrollo de cualquier empaque. El esfuerzo indica la carga soportada por el material. La elongación mide la deformación de la estructura plástica o termoplástica y el rasgado se relaciona con la ruptura que puede sufrir la matriz [5].

El objetivo fue evaluar el cambio en las propiedades mecánicas en termoformados elaborados a partir de

mezclas de harina de amaranto, polvillo de figue y glicerol.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

Harina de amaranto: se obtuvo a partir de la semilla entera de la planta de amaranto (variedad Oscar Blanco), proveniente del Municipio de San Sebastián, Cauca, Colombia. La harina fue molida en un molino de discos y se estandarizó su diámetro de partícula en 40/60, según la serie Tyler.

Polvillo de figue: se obtuvo de los residuos agroindustriales suministrados por la empresa Empaques del Cauca de la ciudad de Popayán, Cauca, Colombia. Su diámetro de partícula se estandarizó en 40/60, según la serie Tyler.

Glicerol: fue suministrado por la empresa DISAN S.A localizada en Yumbo, Valle del Cauca, Colombia. Este plastificante fue grado reactivo.

MÉTODOS

Preparación del termoformado. Se prepararon nueve materiales con diferentes proporciones en las materias primas (ver Cuadro 1) termofomados por el método de moldeo por compresión. Se calentaron al baño María hasta llegar a 40 °C, se adicionó el plastificante en su respectiva concentración por 15 minutos hasta alcanzar una temperatura de 75°C, pues a esta temperatura se alcanza la gelatinización del almidón [6] y la dispersión de la proteína presente en la harina de amaranto [7]. Se obtuvo una masa viscoelástica, la cual fue depositada en un molde de acrílico con dimensiones establecidas por la norma ASTM D 638M y luego se sometieron a compresión para formar probetas.

Tratamiento en cámara de secado. Las probetas en el molde acrílico se secaron en una cámara de secado

por 12 horas y a 40 °C. Finalizado el secado, se retiraron las muestras del acrílico.

Propiedades mecánicas. El esfuerzo, la elongación y el rasgado se evaluaron de acuerdo con la norma técnica ASTM método D638M. Las muestras se mantuvieron a una humedad relativa constante de 68 % y 23,2 °C. Las muestras fueron calibradas en tres puntos de cada probeta realizadas a lo largo de las mismas, con un Pie de Rey 3001 digital electrónico [Elektro-Physik, Köln, Alemania]. Se evaluó el esfuerzo, la elongación y el rasgado con una máquina Universal de ensayos [Instron, U.S.A.], que se programó para un recorrido de 450 mm, una velocidad en el cabezal de 50 mm/min con una celda de carga de 20 Kg, una rata de recolección de datos de 20 puntos/seg y la distancia entre las mordazas fue de 100 mm. Estos ensayos se realizaron en el laboratorio de caracterización de pulpas de papel en Smurfit-Kapa Yumbo, Colombia.

Análisis estadístico. Las variables de respuesta usadas para el análisis se estudiaron bajo el diseño experimental de parcelas divididas completamente al azar [8]. Las mediciones se realizaron por triplicado y el nivel de significancia fue del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las muestras presentaron un color amarillo oscuro, con un espesor promedio de 3,1025 mm y peso promedio de 246,18 g.

Elongación. Se observa en el cuadro 2 que se incrementó la elongación a medida que aumentaron las concentraciones de plastificante y polvillo de fibra, sin embargo, cuando el polvillo pasó de una proporción del 10% al 15% la elongación disminuyó en comparación con las matrices que se diseñaron solamente con plastificante. Esto se debió posiblemente a las débiles interacciones moleculares que se dan al interior de la matriz termoplástica cada vez que se aumentan las concentraciones del plastificante pues se debilitan la atracción de los puentes de hidrógeno entre las cadenas poliméricas del almidón y el polvillo de fique, tal y como lo han planteado otros trabajos investigación [9,10]. Igualmente, el análisis

estadístico arrojó diferencias significativas entre las formulaciones, debidas a la variación en las concentraciones de glicerol y polvillo de fique (ver Cuadro 2), al mostrar diferencias de segundo orden.

Esfuerzo. En el Cuadro 3 se muestra que el esfuerzo disminuyó cuando la proporción del plastificante se incrementó, sin embargo, cuando se aumentó la proporción de polvillo de fique del 10 al 15% el esfuerzo aumentó. Al parecer, el relleno de polvillo de fique mejoró la estabilidad estructural del material termoplástico aumentando la carga que puede soportar la matriz, en comparación con los termoplásticos que tienen solamente plastificante. El relleno funciona como un agente reticulante y aumenta el esfuerzo en dichos materiales [2]. La adición de fibra aspen mejora las propiedades mecánicas en las películas de almidón termoplástico de maíz al adicionar el 15% de fibra [11].

El Cuadro 4 muestra los valores de F calculados, presentándose diferencias significativas por la interacción entre el contenido de plastificante y polvillo de fique. La variación en el contenido de glicerol afecta

Cuadro 1. Preparación de las muestras

Material	Glicerol (%)	Polvillo de fique (%)
1	20	0
2	30	0
3	40	0
4	20	10
5	30	10
6	40	10
7	20	15
8	30	15
9	40	15

Cuadro 2. ANOVA para la elongación

Fuente de variación	Grados de libertad	SC	Cdo medio	F
Bloques	2	0,12	0,06	
A	2	21,39	10,70	166,90**
Ea	4	0,26	0,06	
B	2	22,21	11,11	159,84**
AB	4	4,64	1,16	16,71**
Eb	12	0,83	0,07	
Total	26	10147,5		

Cuadro 3. Propiedades mecánicas

Mtra	Fibra (%)	Glicerol (%)	Tensión (kN/m ²)	Elongación (%)	Rasgado (gf)
1	0	20	1,87	2,59	301
2	0	30	1,47	3,37	377
3	0	40	1,11	5,81	412
4	10	20	3,79	1,59	236
5	10	30	2,47	2,7	350
6	10	40	1,51	3,81	386
7	15	20	5,81	1,14	145
8	15	30	4,47	1,8	345
9	15	40	3,48	2,19	352

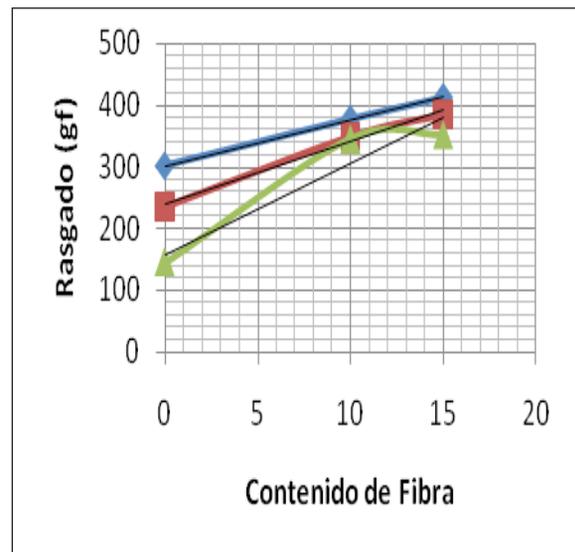
Cuadro 4. ANOVA esfuerzo

Fuente de variación	Grados de libertad	SC	Cdo medio	F
Bloques	2	0,07	0,04	
A	2	14,54	7,27	90,87**
Ea	4	0,31	0,08	
B	2	44,53	22,26	247,33**
AB	4	2,46	0,62	6,89**
Eb	12	1,07	0,09	
Total	26	62,98		

el comportamiento plástico del material, disminuyendo el esfuerzo e incrementado la deformación [8]. Además, al incorporar fibra o polvillo de fique en la matriz, se puede cambiar la estructura del material termoplástico, aumentando su rigidez y su tensión [12].

Investigadores reportaron que, al incorporar fibras naturales a la matriz termoplástico, el esfuerzo aumentó y la elongación disminuyó [10].

Rasgado. La figura 1 muestra como el aumento en el contenido de polvillo de fique en la estructura termoplástica disminuyó el rasgado: esta prueba está directamente relacionada con la disminución en la elongación. Igualmente, el análisis de varianza generó diferencias significativas en la interacción de segundo orden. Este comportamiento en la variable de respuesta rasgado depende de la combinación entre el contenido de plastificante y la concentración del polvillo de fique. Estudios reportaron que el rasgado disminuyó cuando se aumentó la concentración de fibra debido a la compactación que se generó entre las fibras, por el entrelazado fibrilar y la cristalización de las fibras durante el almacenamiento del material termoformado [13].

Figura 1. Comportamiento del rasgado.

CONCLUSIONES

La finalidad del proyecto fue buscar un material que soportara mayor esfuerzo, menor elongación y menor rasgado, siendo la muestra 7 la formulación más adecuada para la elaboración de termoformados (ver Figura 1). Igualmente, la harina de amaranto es un excelente material en el desarrollo de matrices rígidas. Además, combinar esta materia prima con polvillo de fique mejora las propiedades mecánicas.

REFERENCIAS

- [1] MAA, Xiaofei, YUA, Jiugao y KENNEDY, John. Studies on the properties of natural fibers-reinforced thermoplastic starch composites. *Carbohydrate Polymers*, 62. 2005. p. 19–24.
- [2] TSERKI, V., MATZINOS, P., KOKKOU, P. y PANAYI-OTOU, C. Novel biodegradable composites based on treated lignocellulosic waste flour as filler. Part I. Surface chemical modification and characterization of waste flour. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 36 (7), 2005, p. 965-974.
- [3] AVÉROUS L., FRINGANT C. y MORO L. Plasticized starch-cellulose interactions in polysaccharide composites. *Polymer*, 42. 2001. p. 6565–6572.
- [4] AVANZA, M.V., PUPPO, M.C., AÑÓN, M.C. Rheological characterization of amaranth protein gels. *Food Hydrocolloids*. 2005. p. 1–10.

- [5] HELDMAN, D. R. and LUND, D. B. Handbook of Food Engineering. Ed, Borrada. 1992. Capitulo 13: Food Packaging.
- [6] STEEL y TORRIE. Bioestadística: "Principios y procedimientos". Segunda edición. (Primera en español). Mc Graw Hill. 1985.
- [7] CHEFTEL, J.C. y CHEFTEL, H. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos. Editorial Acribia. 1976. p. 120-126.
- [8] LOURDIN, D., DELLA VALLE, G. y COLONNA, P. Influence of amylose content on starch films and foams. Carbohydrate Polymers, 27. 1995. p. 261-270.
- [9] TAPIA-BLÁCIDO, Delia, SOBRAL, Paulo J. y MENEGALLI, Florencia C. Development and characterization of biofilms based on Amaranth flour (*Amaranthus caudatus*). Journal of Food Engineering, 67. 2005. p. 215-223.
- [10] FISHMAN, M. L., COFFIN, D. R., KONSTANCE, R.P. y ONWULATA, C.I. Extrusion of pectin/starch blends plasticized with glycerol. Carbohydrate Polymers, 41. 2000. p. 317-325.
- [11] TAPIA-BLÁCIDO, D., SOBRAL, P. J. y MENEGALLI F. C. Effects of drying temperature and relative humidity on the mechanical properties of amaranth flour films plasticized with glycerol. Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol. 22, No. 02. 2005. p. 249 - 256.
- [12] LAWTON, J.W., SHOGREN, R.L. y TIEFENBACHER, K.F. Aspen fiber addition improves the mechanical properties of baked cornstarch foams. Industrial Crops and Products, 19. 2004. p. 41-48.
- [13] YANG, H.S., KIM, H.J., SON, J., PARK, H. J., LEE, B. J. Y HWANG, T. S. Rice-husk flour filled polypropylene composites; mechanical and morphological study. Composite Structures, 63 (3-4), 2004. p. 305-312.