

ศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากสตาร์ชแห้วจีน

Study on Edible Film Production from Chinese Water Chestnuts Starch

ปิยนุสรณ์ น้อยดวง¹ ลลิตา ท้าวลา¹ และ อรพรรณ ปะอ้าย¹Noiduang, P.¹, Thawla, L.¹ and Pa-ai, O.¹

Abstract

This study investigated the production of starch film from Chinese water chestnuts. The film was prepared with 3 levels of starch (5, 7.5 and 10% (w/v) containing 3 levels of glycerol (30, 60 and 90% by starch weight). Films were dried at 60°C for 18 hrs. Properties; thickness, water vapor transmission rate (WVTR), solubility, grease and oil resistance, tensile strength (TS) and elongation (E) were evaluated. Thickness of the films was in the range of 0.06-0.19 mm. It was found that film thickness and E was increased with high concentrations of starch and glycerol. The WVTR of starch film was in the range of 231.38-256.12 g/m².day. It was found that WVTR decreased when the concentration of starch was increased. Solubility was increased at high concentration of glycerol and decreased at high concentration of starch. TS of starch film was increased at high concentration of glycerol and decreased at high concentration of starch. In addition, every sample had excellent grease resistance of more than 30 days.

Keywords: edible film, Chinese water chest nut starch, glycerol

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตฟิล์มสตาร์ชจากแห้วจีน โดยแปรปริมาณสตาร์ชแห้วจีนเป็น 3 ระดับ (ร้อยละ 5, 7.5 และ 10 โดยน้ำหนัก) กลีเซอรอล 3 ระดับ (ร้อยละ 30, 60 และ 90 โดยน้ำหนักของแป้ง) และทำแห้งที่ 60°C (18 ชั่วโมง) นำฟิล์มที่ผลิตได้ไปทดสอบคุณสมบัติ ได้แก่ ค่าความหนา อัตราการซึมผ่านไอน้ำ การละลาย ความสามารถในการต้านทานน้ำมัน ความทนต่อแรงยืด และการยืดตัว พบว่าความหนาของฟิล์ม มีค่าระหว่าง 0.06-0.19 มิลลิเมตร โดยความหนาของฟิล์มและการยืดตัวของฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแป้งและปริมาณของกลีเซอรอลมากขึ้น ฟิล์มสตาร์ชจากแห้วจีนมีค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ 231.38-256.12 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการซึมผ่านไอน้ำมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของแป้งเพิ่มขึ้น ส่วนการละลายมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น และมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของแป้งมากขึ้น ค่าการต้านแรงดึงของฟิล์มสตาร์ชจากแห้วจีนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลและลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแป้ง เมื่อนำฟิล์มที่ผลิตได้ไปทดสอบความต้านทานน้ำมัน พบว่าฟิล์มทุกสูตรสามารถต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 30 วัน

คำสำคัญ: ฟิล์มรับประทานได้ สตาร์ชแห้วจีน กลีเซอรอล

คำนำ

ปัจจุบันหลายหน่วยงานให้ความสนใจกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นโดยพยายามหาวัสดุย่อยสลายง่ายมาทดแทนวัสดุสังเคราะห์ในการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหาร ดังนั้นการใช้ฟิล์มที่ย่อยสลายได้หรือรับประทานได้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม การเตรียมฟิล์มสามารถเตรียมได้จากพอลิเมอร์ หลายชนิด เช่น ไชมัน โปรตีนและแป้ง ซึ่งแป้งมีข้อดีหลายประการ อาทิ ย่อยสลายได้ง่าย สามารถพองตัวขึ้นแผ่นฟิล์มได้ มีปริมาณมาก ราคาถูกและหาได้ง่าย จากข้อดีของแป้งดังกล่าวจึงสนใจนำแป้งมาผลิตเป็นฟิล์มรับประทานได้ โดยแป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสที่มีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน โดยโมเลกุลของอะไมโลสสามารถเกิดรีโทรเกรดชัน (retrogradation) ได้ดี ซึ่งเป็นสมบัติที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรง ดังนั้นในการเตรียมฟิล์ม จากแป้งจึงนิยมเตรียมฟิล์มจากแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งจากการศึกษาของผาณิต (2550) พบว่าสตาร์ชจากแห้วจีน มีปริมาณอะไมโลสที่ค่อนข้างสูง (ร้อยละ 41) ซึ่งแป้งที่มีอะไมโลสสูงสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นฟิล์มได้ดี ดังนั้นผู้วิจัย จึงมีความสนใจที่จะนำสตาร์ชจากแห้วจีน

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, บางหว้า, ภาษีเจริญ, กรุงเทพฯ, 10160

¹ Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

มาใช้ในการผลิตเป็นฟิล์มที่รับประทานได้ ศึกษาปริมาณของสตาร์ชแห้วจีนและพลาสติกไฮเซอรที่ที่เหมาะสมในการผลิต และศึกษาสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มที่ผลิตได้ เพื่อเป็นแนวทางในการนำแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมฟิล์มดัดแปลงวิธีของ สุวัฒน์นา (2539) ใช้ความเข้มข้นสตาร์ชจากแห้วจีน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 7.5 และ 10 โดยน้ำหนัก กวนผสมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และเติมกลีเซอรอลที่ใช้เป็นพลาสติกไฮเซอร โดยแปรความเข้มข้นของกลีเซอรอล ร้อยละ 30, 60 และ 90 โดยน้ำหนักของแป้ง กวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน เป็นเวลานาน 5 นาที แล้วขึ้นแผ่นฟิล์มโดยเทสารละลายปริมาตร 40 มิลลิลิตร ลงบน acrylic plate ขนาด 9×9 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมงหรือจนแห้งสนิท ลอกฟิล์มที่ได้ เก็บในโถสุญญากาศ และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางกลของฟิล์มที่ผลิตได้ ได้แก่ ความหนา (Thickness) ของฟิล์ม ดัดแปลงจากวิธีของ ASTM 645-92 การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate: WVTR) ดัดแปลงจากวิธีของ ASTM E 96-95 (1996) การละลายน้ำ (Rhim และคณะ, 1999) ความสามารถในการต้านทานน้ำมัน (grease and oil resistance) ดัดแปลงโดยวิธีของ มอก. 654-2529 การต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength: TS) และความยืดตัว (Elongation: %E) ตามวิธีของ ASTM D 882-95a (1996) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย Analysis of variance (ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณของสตาร์ชแห้วจีนและพลาสติกไฮเซอรที่ที่เหมาะสมในการผลิต พบว่าฟิล์มที่ผลิตได้มีลักษณะปรากฏดังแสดงใน Figure 1 จากนั้นนำฟิล์มที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ และทางกล (Table 1 และ Table 2) จากการทดลองพบว่า ความหนาของฟิล์มจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของสตาร์ชและกลีเซอรอล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัฒน์นา (2539) และเมื่อตรวจสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) ของฟิล์ม จะมีค่าอยู่ในช่วง 231.38-256.12 g/m².day และเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล จะทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำมากขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณสตาร์ช มีผลทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณสตาร์ช จะส่งผลทำให้ปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น จึงเกิดโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรง ทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มจะลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของกษิตติ และคณะ (2553) ในขณะที่การเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอล จะมีผลทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ และลดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ เพิ่มช่องว่างระหว่างโมเลกุลและโมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ได้มากขึ้น (Guilbert และ Gontard, 1995) ทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ส่งผลความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้น และการละลายของฟิล์ม ถ้าเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลมากขึ้น ทำให้ฟิล์มมีการละลายเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องมาจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลของพอลิโอลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม ที่มีหมู่ไฮดรอกซี 3 หมู่ ที่สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำได้ดี ทำให้มีการละลายได้ดีมากขึ้น เมื่อเติมกลีเซอรอลมากขึ้น (Gontard และคณะ, 1992) ในขณะที่ปริมาณสตาร์ชแห้วจีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการละลายลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีปริมาณอะไมโลสสูงจึงเกิดโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรง การละลายน้ำจึงต่ำ (Arvanitoyannis และคณะ, 1999) และเมื่อศึกษาค่าการต้านทานน้ำมันของฟิล์มที่ผลิตได้พบว่ามีความต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 720 ชั่วโมงหรือ 30 วัน ทั้งนี้เนื่องมาจากฟิล์มที่ผลิตได้จากสตาร์ช และใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไฮเซอรนั้น จะมีปริมาณของโมเลกุลส่วนที่ชอบน้ำปริมาณมาก เมื่อนำมาทดสอบการต้านทานน้ำมัน ซึ่งน้ำมันมีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ จึงทำให้น้ำมันไม่สามารถซึมผ่านฟิล์มได้ ดังนั้นฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งแห้วสามารถนำมาผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันสูงได้ ซึ่งมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 654-2529) ระบุให้แผ่นฟิล์มสำหรับบรรจุน้ำมันและไขมันบริโภคต้องมีความสามารถในการต้านทานน้ำมันได้อย่างน้อย 120 ชั่วโมง

จากนั้นนำฟิล์มมาศึกษาสมบัติทางกล ได้แก่ การต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength: TS) และความยืดตัว (Elongation: %E) ของฟิล์ม พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลมากขึ้น มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลง เนื่องจากกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นจะไปจับกับพอลิเมอร์ จึงทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลง ฟิล์มจึงมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chillo และคณะ

(2008) และเมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ชมากขึ้น โครงสร้างของพอลิเมอร์เกิดเป็นร่างแหที่แข็งแรงมากขึ้น มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการยึดตัวของแผ่นฟิล์มพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ชและกลีเซอรอลมากขึ้น จะทำให้มีค่าการยึดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอล จะปลดความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ เพิ่มช่องว่างระหว่างโมเลกุลและโมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ได้มากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถลดลักษณะที่เปราะของฟิล์ม โดยเพิ่มลักษณะการยืดหยุ่น โค้งงอ ทำให้ฟิล์มจับกันเป็นแผ่น เพิ่มการยึดตัวของฟิล์ม (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004, Mali และคณะ, 2005)

สรุปผล

จากศึกษาการผลิตฟิล์มจากสตาร์ชแห้วจีน โดยแปรปริมาณสตาร์ชแห้วจีน พบว่าปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความชื้น อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายเพิ่มขึ้น และการเพิ่มปริมาณสตาร์ช มีผลทำให้ค่าความชื้น อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายลดลง โดยฟิล์มที่ใช้สตาร์ช ร้อยละ 5 และกลีเซอรอล ร้อยละ 90 มีค่าสูงที่สุด ส่วนสมบัติทางกล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลมากขึ้น มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลง และมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ช โดยฟิล์มที่ใช้สตาร์ช ร้อยละ 10 และกลีเซอรอล ร้อยละ 30 มีค่าสูงที่สุด ส่วนความยืดตัวของฟิล์ม เมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ชและกลีเซอรอลมากขึ้น จะทำให้มีค่าการยึดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้น โดยฟิล์มที่ใช้สตาร์ช ร้อยละ 10 และกลีเซอรอล ร้อยละ 90 มีค่าสูงที่สุด และฟิล์มทุกสูตรสามารถต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 30 วัน ดังนั้นฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งแห้วสามารถนำมาผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันสูงได้ ซึ่งเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

- กษิตติ อิมประไพ อรพิน เกิดชูชื่น และณัฐรา เลานกุลจิตต์, 2553, การศึกษาคุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 609-612.
- ผาณิต รุจิรพิสิฐ, 2550, การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของสตาร์ชและกากสตาร์ชจากแห้วจีน, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 27(2): 162-172.
- มาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม, 2529, (มอก. 654-2529): มาตรฐานภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติก สำหรับบรรจุ น้ำมันและไขมันบริโภค, สำนักงาน มาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร
- สุวัฒนา พฤกษ์ศรี, 2539, การผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและการประยุกต์ใช้, งานวิจัยปริญาตรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 37 หน้า
- Arvanitoyannis, C.G., Biliaderis, H. and Kawasaki, N., 1999, Biodegradable Films Made From Low Density Polyethylene (LDPE), Rice Starch, and Potato Starch for Food Packaging Applications, Carbohydrate Polymers, 36(2): 89-104.
- ASTM, 1989, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting (ASTM D882-88), Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, 182-189.
- Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L. and Nobile, M.A.D., 2008, Influence of Glycerol and Chitosan on Tapioca Starch-based Edible Film Properties, Journal of Food Engineering, 88: 159-168.
- Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.L., 1992, Edible Wheat Gluten Films: Influence of the Main Process Variables on Films on Film Properties using Response Surface Methodology, Journal of Food Science, 58(5): 190-195, 199.
- Guilbert, S. and Gontard, N., 1995, Edible and Biodegradable Food Packaging, In: food and Packaging Materials-Chemical Interaction, Ackermann, P., Jagerstad, M. and Ohlsson, T. (Eds.), The Royal Society of Chemistry, Cambridge, England, 159-168.
- Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch film, Starch/Starke, 56(8): 348-356
- Mali, S., Sakanaka, L.S., Yamashita, F. and Grossmann, M.V.E., 2005, Water Sorption and Mechanical Properties of Cassava Starch Films and Their Relation to Plasticizing Effect, Carbohydrate Polymers, 60: 283-289.
- Rhim, J.W., Wu, Y., Weller, C.L. and Schnepf, M., 1999, Physical Characteristics of a Composite Film of Soy Protein Isolate and Propylene glycol Alginate, Journal of Food Science, 64: 149-152.

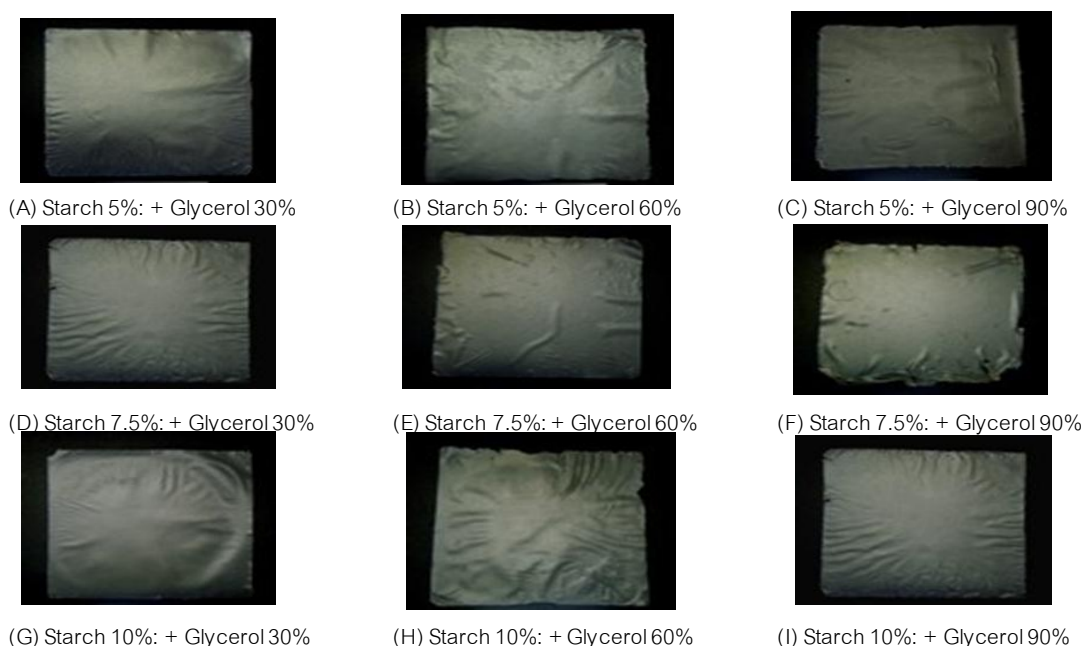


Figure 1 Appearance of Chinese water chestnuts starch film

Table 1 Physicochemical properties of Chinese water chestnuts starch film

Starch (%)	Glycerol Conc. (% by starch wt.)	Moisture content (%)	WVTR (g/m ² .day)	Water Solubility (%)	Thickness (mm.)
5	30	7.77±0.32 ^c	231.38±5.96 ^d	47.34±2.10 ^c	0.06±0.006 ^h
	60	9.90±0.45 ^b	233.97±3.30 ^d	48.58±2.36 ^c	0.07±0.007 ^g
	90	11.62±0.18 ^a	256.12±2.84 ^a	66.51±5.10 ^a	0.14±0.010 ^c
7.5	30	7.13±2.33 ^{cd}	234.18±4.33 ^d	42.38±0.73 ^d	0.09±0.008 ^f
	60	9.60±0.01 ^b	237.78±5.05 ^{cd}	47.32±1.10 ^c	0.09±0.020 ^f
	90	9.84±0.82 ^b	247.28±2.95 ^b	63.83±0.59 ^{ab}	0.19±0.010 ^a
10	30	6.74±0.45 ^d	236.73±3.61 ^{cd}	42.11±1.43 ^d	0.13±0.010 ^d
	60	7.31±0.67 ^{cd}	236.90±2.02 ^{cd}	46.60±2.11 ^c	0.11±0.030 ^e
	90	7.86±1.91 ^c	242.69±4.71 ^{bc}	61.63±1.53 ^b	0.17±0.023 ^b

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference (p<0.05)

Table 2 Mechanical properties of Chinese water chestnuts starch film

Starch (%)	Glycerol Conc. (% by starch wt.)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
5	30	14.96± 1.23 ^e	32.76±1.98 ^c
	60	14.61±2.37 ^e	33.16±0.32 ^c
	90	4.69±0.59 ^f	37.97±0.60 ^b
7.5	30	41.74± 5.2 ^c	34.21±3.83 ^{bc}
	60	33.76±1.04 ^d	36.29±4.98 ^{bc}
	90	4.88±0.46 ^f	38.23±2.33 ^b
10	30	46.73±3.29 ^a	60.20±1.41 ^a
	60	43.91±2.34 ^b	61.49±4.21 ^a
	90	6.30±0.95 ^f	62.87±1.60 ^a

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference (p<0.05)